Visuelle Intuition in dynamischen Strukturen

von

Babu Thaliath

1.

Die Idee der Struktur impliziert prinzipiell etwas statisches, wie z.B. die Struktur einer natürlichen Form, eines Organismus oder einer architektonischen Gestalt. Sie ist vor allem eine *Implikation* der inneren Form, die der äußeren unmittelbar anschaulichen Form latent ist, und wodurch die Erscheinungsweise eines Naturphänomens oder eines Produkts der Technik *realisiert* wird. In einer statischen Form der Natur oder der Baukunst bildet die Verteilung der *unsichtbaren* Kräfte (in verschiedenen vektoriellen Konfigurationen der Gleichgewichtslage) ihre innere Struktur, die der bloßen Form nach räumlich-geometrisch darzustellen, allerdings ihrem Wesen nach allein auf die Gravitation zurückzuführen ist. Gravitation ist hier die Grundkraft, die die statischen Strukturen auf der Erde zustande bringt, und die räumliche Geometrie ist der Modus, in dem die inneren Kraftstrukturen visuell dargestellt werden können.

Die unsichtbaren Kräfte der Gravitation in der Statik werden in einer geometrischen (oder geometrisierten) Struktur visualisiert. Die Lehre der Statik in der klassischen Mechanik stützt sich demnach auf ein Grundprinzip, nämlich auf das Sichtbarwerden der dem Wesen nach unsichtbaren Kräfte der Gravitation in geometrischen Strukturen. Die Dynamik – der andere Teil der Mechanik – ist dagegen die Lehre der Bewegung, in der die Kräfte in aller Unmittelbarkeit in Erscheinung treten. Die Vorstellung von *dynamischen Strukturen* schließt in sich eine scheinbar widerspruchsvolle Zusammensetzung von Statik und Dynamik. Denn wir wagen hierbei zu jener dem Wesen nach statischen, einer anschaulichen Form immanenten und als solche unsichtbaren Struktur die Sichtbarkeit der Bewegung hinzuzufügen.

Dieser Widerspruch wäre in einer gewissen Synthese zwischen Statik und Dynamik zu bewältigen. Dabei beschränken wir unsere *Sicht* weder auf die strukturelle Statik noch auf eine förmliche Dynamik, sondern wir erblicken in statischen Momenten jene *Tendenz* zur Bewegung. Demnach erfassen wir die Bewegung kaum in einer bloß kontinuierlichen Dynamik, sondern eher in einer stetigen Diskretion von statischen Momenten, die scheinbar zur Bewegung *tendieren*. D. h. die Bewegung betrachten wir als eine Integration aller statischen Momente der Bewegung (von unendlichkleiner Dauer), in denen die verschiedenartigen Tendenzen zur Dynamik *sichtbar* werden. Die visuelle Wahrnehmung derartiger dynamischer Tendenzen in unendlichkleinen statischen Momenten der Bewegung unterscheidet sich von der Anschauung der Dynamik in bloßer Sukzession oder Kontinuität. Sie ist eine Intuition, und zwar eine stetige visuelle Intuition dynamischer Tendenzen in beweglichen Strukturen.

Es ist leicht zu begreifen, wie die Fusion zwischen Statik und Dynamik in irdischen und außerirdischen (kosmologischen) Strukturen zu einer grundlegenden Problematik der Klassischen Mechanik wird. Vielen ihren anfänglichen Problemstellungen und deren axiomatischen Lösungen, wie z.B. dem Ursprung der Bewegung, Gesetz der Trägheit oder des Moments usw., scheint eine eher theoretisch festgestellte Gegensätzlichkeit zwischen den Phänomenen Statik und Dynamik – dargestellt jeweils durch Ruhe und Bewegung – zugrunde zu liegen. In der Geschichte der Mechanik – von der Antike bis zur Moderne – wurden ihre axiomatischen Gesetze kaum einheitlich konzipiert. Philosophen, Mathematiker sowie Wissenschaftler der Mechanik entwickelten unterschiedliche, sogar entgegengesetzte Theorien bezüglich der Mechanik der Natur und des Kosmos. Ein klassisches Beispiel wäre die fast entgegengesetzten Gesetze der Trägheit von Aristoteles und von Newton. Der Hauptgrund für eine derartige Verschiedenheit und Gegensätzlichkeit in der Auffassung der im Prinzip *einheitlichen* Phänomene liegt in der Methode der Mechanik selbst, genauer, in der gewöhnlichen deduktiven Ausarbeitung ihrer Axiome und Theoreme. Obwohl die Klassische Mechanik im allgemeinen als die Lehre der Statik und der Dynamik der Körper definiert ist, blieb sie in ihrer gesamten geschichtlichen Entwicklung keine induktive, sondern in erster Linie eine deduktive Wissenschaft. D.h. die Wissenschaftler der Mechanik schienen die Axiome *letztendlich* kaum aus der unmittelbaren empirischen Wahrnehmung, sondern aus einem deduktiven Verfahren abzuleiten. Und gerade in dieser Deduktion, in der sie sich scheinbar in der *Seele der Körper*, die ruhen oder sich bewegen, hineinzuversetzen suchten, erweisen sich ihre Vorstellungen von den mechanischen Prinzipien der Natur und des Kosmos als einheitlich aber auch als unterschiedlich, sogar gegensätzlich. In dieser Abhandlung versuche ich, den Modus des grundlegenden deduktiven Verfahrens in der klassischen Mechanik als eine visuelle Intuition zu bestimmen.

Um die Idee der visuellen Intuition in ihrer Einfachheit zu verdeutlichen, suchen wir sie zunächst in der rein deduktiven Grundlage der Mechanik selbst, nämlich in der Geometrie. Die Anwendung geometrischer Prinzipien auf die Statik und auf die Dynamik der Körper scheint überhaupt den Ausgangspunkt, also die Basis der Mechanik zu bilden. Sowohl die Konstellationen unsichtbarer Kräfte in der Statik als auch die sichtbaren Bewegungen in der Dynamik werden in der Lehre der klassischen Mechanik ursprünglich den Prinzipien der Geometrie untergeordnet. Die primären sowie die zusammengesetzten oder komplexeren Formen der euklidischen Geometrie sind offensichtlich statische Strukturen. Ein Punkt, eine Linie oder Ebene sowie die aus solchen elementaren Formen zu entwickelnden Gestalten der Planimetrie und Stereometrie wie Kreis, Dreieck, Kubus oder Sphäroid zeigen sich als räumliche Strukturen, in denen scheinbar keine Dynamik bzw. keine Bewegung zu spüren ist.

Die Dynamisierung der euklidischen Geometrie, also die Einfügung der Bewegung in die statischen geometrischen Strukturen, nahm in der Neuzeit verschiedene Züge an. Entscheidend ist in diesem Zusammenhang die vorneuzeitliche, aber der neuzeitlichen Geometrie und Mechanik wegbereitete Sichtweise von Cusanus bezüglich der Entstehung geometrischer Grundformen aus einer *prozessualen* Dynamik. Nicht eine Abstraktion in statischen Formen und Strukturen, sondern die Bewegtheit eines Punktes, einer Linie oder einer Ebene bildet bei Cusanus den Vorgang der prozessualen Entwicklung geometrischer Grundformen. Dabei ist wichtig zu bemerken, daß manche Grundformen der euklidischen Geometrie nicht nur als bloße Finalitäten prozessualer Gestaltung in statischen Strukturen bestimmt, sondern darüber hinaus als Grenzwerte einer unendlich fortgehenden Prozessualität der Gestaltung präzisiert werden. So faßt Cusanus die Gerade als Grenzwert eines unendlichen Prozesses der Begradigung kurviger Extension auf.[1]

Figur 1

Die gerade Tangente BA ist der Grenzwert (oder die Grenzform), zu dem die kreisförmige Peripherie in einer unendlichen Vergrößerung des Kreises tendiert. Ebenso *scheint* ein Kreis aus der unendlichen Vervielfältigung der Saiten eines ihm eingeschriebenen Vielecks zu entstehen. In diesen berühmten Beispielen, in denen Cusanus seine Grundvorstellung von der unendlichen Koinzidenz der Gegensätze (coincidentia oppositorum) zu beweisen sucht, bildet die Bewegung das Grundprinzip der prozessualen Gestaltung geometrischer Grundformen. Anders betrachtet, wird hierbei die scheinbare Statik der geometrischen Formen in einer unendlich prozessualen Dynamik aufgelöst.

[1] Kues, Nikolaus von: De docta ignorantia, Philosophisch-Theologische Werke, Bd. I, Hamburg 2002, S. 49.

Die Hinzufügung einer derartigen Dynamik des Prozesses zu der Statik der geometrischen Formen läßt sich als ein Beispiel für die visuelle Intuition in dynamischen Strukturen betrachten. Das unendliche Tendieren einer Kreisperipherie zur tangentialen Gerade (in der unendlichen Vergrößerung des Kreises) ist hier streng genommen kaum bloß diskursiv gedacht, sondern in einer visuellen Intuition *erkannt*. Der Modus dieser bildlichen Intuition ist offenbar die unendlich dynamische Begradigung einer kurvigen Extension zur Gerade, die als ein geometrischer Grenzmodus – als eine nicht weiter zu reduzierende, als solche axiomatische Grenzform – den Grenzwert dieses visuell intuitiv vorgestellten Prozesses bildet.

Die Dynamik der Bewegung ist allerdings in der einfachen Gestaltung geometrischer Formen zu sehen, indem ein gestaltender Punkt auf einer Ebene eine Linie, ein Dreieck oder einen Kreis durch die *rein kontinuierliche* Bewegung erzeugt. So entwirft ein Architekt oder ein Zeichner durch die kontinuierliche Fortführung eines Punktes – der Spitze seines Isographs – auf einer planen Ebene verschiedene einfache und zusammengesetzte geometrische Strukturen. Die so entstehenden Entwürfe verdanken letztendlich den verschiedenen *Richtungstendenzen* eines gestaltenden Punktes ihre geometrische sowie ageometrische Strukturiertheit. Wenn die Bewegung des Punktes *tendenziell* eine gerade Richtung – also eine Richtungskonstanz – hat, entsteht eine Linie, wenn sie ebenso tendenziell eine Richtungsvariabilität hat, entsteht eine kurvige Form.

Die kartesische analytische Geometrie basiert auf diesem Prinzip der Gestaltung geometrischer Formen durch die Bewegung eines gestaltenden Punktes. Das *Analytische* (im Unterschied zum *Synthetischen* in der antiken euklidischen Geometrie) in diesem Verfahren besteht darin, daß dieser gestaltende Punkt über einen (euklidischen) geometrischen Modus hinaus als ein algebraisch-arithmetisches Abstraktum aufgefaßt wird. Die Koordinaten auf zwei rechtwinkligen Achsen, nämlich der Abszisse und der Ordinate, bestimmen hier den Punkt als eine Lage auf einer Ebene (im Raumkoordinatensystem bestimmen die Abszisse, Ordinate und die Kote den Punkt als eine Lage im Raum). Indem die Koordinaten des gestaltenden Punktes an verschiedenen Lagebestimmungen im Raum in eine einheitliche algebraische Funktion integriert werden, wird die Bewegung des gestaltenden Punktes (im Koordinatensystem) allein durch die reine Variabilität der Variablen (x und y), genauer, durch die Korrelation der Variablen in der algebraischen Funktion gewährleistet. Ein Polynom ersten Grades (dargestellt durch die Funktion $y = ax + k$; a und k sind hier Konstanten) erzeugt im gestaltenden Punkt eine Richtungskonstanz, infolge dessen eine gerade Linie entsteht. Ein quadratisches Polynom

($y = ax^2 + bx + c$; a, b und c sind Konstanten) erzeugt eine konstante Richtungsvariabilität im gestaltenden Punkt, wodurch eine kurvige Extension zustande kommt.

Der bewegte Punkt in diesem Prinzip gestaltet offensichtlich statische Formen der Geometrie. Allein die Bewegtheit des gestaltenden Punktes vertritt hier das Dynamische. Der Modus dieser Dynamik scheint in erster Line durch die Konstanz und Variabilität der Richtungstendenzen bestimmt zu werden. Die Tendenzen in der Bewegung des gestaltenden Punktes – sowohl im zeichnerischen Handeln als auch in der Einbildung – haben nur einen einfachen Schein, indem sie die statischen geometrischen Strukturen realisieren. In ihrem Wesen erweisen sie sich vielmehr intuitiv als bloß anschaulich. Am klarsten tritt die visuelle Intuition (in der Bewegtheit des gestaltenden Punktes) in dem seit der Antike von Philosophen und Mathematikern debattierten Tangenten-Problem in Erscheinung.

Um dieses für unsere Untersuchung äußerst signifikante Problem zu erläutern, zitiere ich eine aphoristische Textstelle aus dem Werk *Das Prinzip der Infinitesimal-Methode und seine Geschichte* von Hermann Cohen. An verschiedenen Stellen erwähnt und erörtert Cohen das Tangenten-Problem, denn es bildete neben dem mathematischen Problem des Unendlichkleinen eine Grundlage der (von Newton und Leibniz erfundenen) Infinitesimalrechnung:

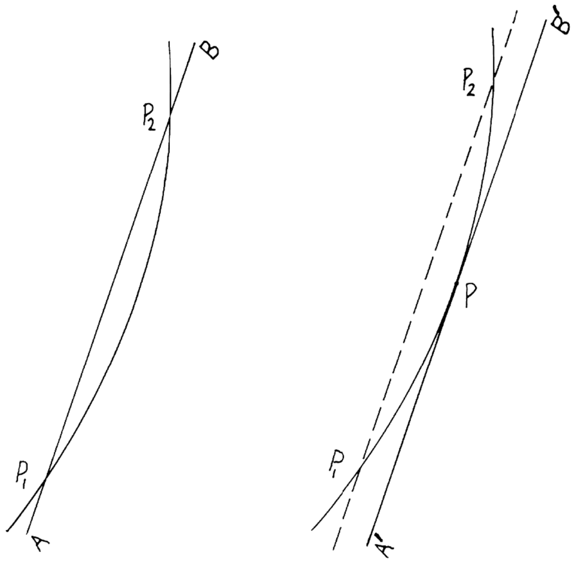
„*Das Tangenten-Problem*. – Cavalleri hatte die Ausmessung krummlinig begrenzter Flächen durch Vergleichung mit geradlinigen unternommen. Der Fortschritt, den das Tangenten-Problem bildet, möchte darin bestehen, dass mit demselben die Aufgabe entstand, *die Curve aus ihrem Begriffe zu erzeugen*, und mittels des Begiffs der Curve sodann zum Gedanken der *Integral-Rechnung* vorzudringen. Auf diesem neuen Gebiete arbeiten und begegnen sich Roberval, Descartes und Fermat, welche jedoch hierin sämtlich den Spuren Keplers folgen.

Descartes' Methode beschränkt sich nun darauf, die beiden Punkte, in denen die Curve von einem Kreise geschnitten wird, in Einen berührenden Punkt *zusammenfallen* zu lassen. Und als Fermats Vorzug wird sein Festhalten an der Strenge der Alten gepriesen. Indem er, wie Archimedes, die Tangente zur Subtangente in Beziehung setzt und aus derselben zu bestimmen sucht, bleibt auch er bei dem negativen Begriffe der Grenze stehen, indem er durch die Annäherung der beiden Punkte der Tangente zwei ungleiche Verhältnisse zur *Gleichheit* der „*Beinahegleichheit*“ zusammenfallen läßt. So bildet die Grenze auch hier nur den Terminus ad quem.

Roberval, der um *philosophische* Fixierung der methodischen Grundbegriffe bemüht war, scheint auch hier eine positive Wendung zu nehmen, gleichwie er von der Methodus Indivisibilium einen ihm eigenthümlichen Gebrauch macht. Nach Roberval begrenzt sich nicht blos die Linie in Punkten, sondern die Unendlichkeit der Punkte setzt die Linie zusammen. Er bestimmt dahin seinen Unterschied von Cavalleri, dass nach ihm die Linie aus unendlichkleinen Linien bestehe (constet), und aus denselben zusammengesetzt werde (componi). Dies ist der Kepler'sche Gesichtspunkt, und derselbe waltet auch in Roberval's Tangenten-Methode. Gemäss derselben bildet die Tangente in der That den *Begriff der Curve*. Denn Roberval geht, durch Mersenne's Aufgabe der Cycloide angeregt, von dem „Axiom" aus, dass jede Curve durch die Bewegung eines nach zwei oder mehreren Richtungen angetriebenen Punktes beschrieben werden könne, und dass die Richtung des Punktes zugleich die Tangente des Curven-Punktes sei. Mithin ist die Richtung, welche die Bedeutung der Tangente hat, *das erzeugende Motiv der Curve*. Der Punkt der Tangente und der Punkt der Curve können ferner nicht als zwei Punkte gelten, die zusammenfallen, sondern sie sind ein Punkt, in Rücksicht auf die Erzeugung der Curve."[2]

Wenn man das Tangenten-Problem allein in der *rätselhaften* Berührung der Tangente an einem Punkt in der Kurve sieht, untersucht man dieses Phänomen in einer statischen geometrischen Struktur. Demnach fragt man, ob die Tangente die Kurve an einem Punkt oder an mehrere Punkte berührt, oder ob der Berührungspunkt der Tangente und der der Kurve einer und derselbe Punkt sind. Auch in solchen Fragestellungen (die sich auf das Tangenten-Problem innerhalb einer statischen geometrischen Struktur beziehen) scheint man letztendlich von visuellen Intuitionen auszugehen. Das Problem der Berührung der Tangente an einen Punkt in der Kurve *entsteht* kaum aus den bloß axiomatischen Prämissen in einem diskursiven Denken, sondern aus der Visualisierung, genauer, aus der visuell intuitiven Vorstellung einer tangentialen Berührung zwischen einer Gerade und einer Kurve. Wie dem obigen Zitat zu entnehmen ist, wurde das Tangenten-Problem von Philosophen und Mathematikern nicht unbedingt in einer – eher konventionellen – statischen geometrischen Struktur, sondern darüber hinaus in der Dynamik der geometrischen Erzeugung der Kurve, also im Prinzip der geometrischen Gestaltung zu bestimmen versucht. Selbst in der Methode Descartes, in der von einem Erzeugungsmoment der Kurve kaum die Rede ist, spüren wir eine prozessuale Dynamik, nämlich das Zusammenfallen zweier Schnittpunkte einer Sekante in den Berührungspunkt einer Tangente.

[2] Cohen, Hermann: Das Prinzip der Infinitesimal-Methode und seine Geschichte, Georg Olms Verlag, Hildesheim 1984, S. 33-34.



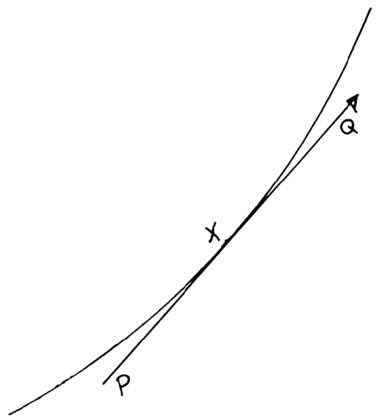
Figur 2

Die Sekante AB, die die Kurve an Punkte P_1 und P_2 schneidet, wird in der Betrachtung Descartes in eine Bewegung (AB → A´B´) versetzt. Im tangentialen Berührungspunkt P *scheinen* die Punkte P_1 und P_2 zusammenzufallen. A´B´ bildet die Tangente, die die Kurve an einen Punkt (P) zu berühren scheint, und zugleich den allerletzten Moment der Verbindung zwischen der Gerade und der Kurve (bevor die Gerade sich in ihrer Bewegung von der Kurve trennt). Von der kontinuierlichen Bewegung der Sekante ausgehend, läßt sich erkennen, daß die Vorstellung vom Zusammenfallen der Punkte P_1 und P_2 in den tangentialen Berührungspunkt P sowie die von der *momentanen* Existenz der Tangente A´B´[3] kurz vor ihrer Befreiung von der Kurve ursprünglich visuelle Intuitionen sind.

Roberval versucht, in der Statik des tangentialen Berührungspunktes einen dynamischen Erzeugungsmoment, also die Dynamik der Erzeugung der Kurve zu erkennen. Hier wird offensichtlich das Tangenten-Problem in einer dynamischen Struktur der Geometrie zu bewältigen versucht. Nicht eine scheinbar statische Berührung der Tangente an einen Punkt in der Kurve, sondern die Dynamik oder Bewegtheit eines die Kurve gestaltenden Punktes bildet den Ausgangspunkt dieser Betrachtung. D.h. die rätselhafte Berührung der Tangente mit der Kurve wird in diesem Lösungsversuch des Tangenten-Problems von einer statischen Instanz zu einer dynamischen Instanz erweitert. Allerdings bleibt eine derartige Erweiterung nie eine vollständige Unternehmung; der Berührungspunkt, in eine gestaltende Bewegung versetzt, kann sich

[3] Daß die Bewegung der Sekante AB in der Tangente A´B´ aufhört, ist hier schwierig anzunehmen. Der Sinn der kartesischen Vorstellung von der Existenz des tangentialen Berührungspunktes scheint hier vielmehr nicht in der Statik, sondern in der Dynamik des Zusammenfallens der Schnittpunkte (P_1 und P_2) zu liegen.

von der statischen Instanz in der geometrischen Struktur kaum völlig loslösen, ebenso vermag er sich kaum zu einem vollkommenen dynamischen Moment der Gestaltung zu entwickeln.



Figur 3

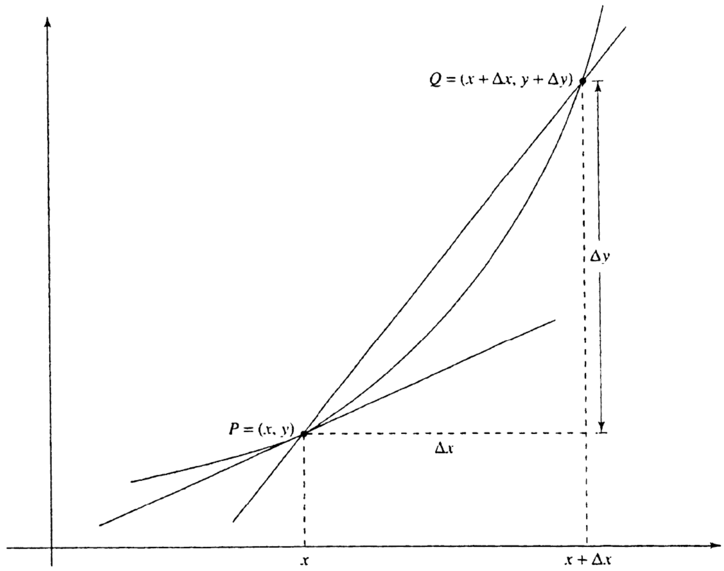
Der Versuch zur Bewältigung des Tangenten-Problems besteht darin, in der scheinbaren Statik des bewegenden und gestaltenden Punktes seine Richtungstendenz – seine Tendenz zur Dynamik – intuitiv zu fassen. Wenn wir die Richtungstendenz des bewegenden Punktes X (Fig. 3) *tangential* bzw. als die gerade Richtung der Tangente PQ (durch den Berührungspunkt X) feststellen, bestimmen wir sie in einer statischen Instanz dieser geometrischen Struktur; in seiner reinen Dynamik zeigt der bewegende Punkt seine Richtungstendenz in der Gestaltung der Kurve nicht tangential, also nicht in einer *konstanten* Richtungseinheit (wodurch eine gerade Tangente entsteht), sondern in einer *unendlichkleinen* Richtungsvariabilität. Denn in einem unendlichkleinen Zuwachs der Kurve vom Punkt X trennt sich die Kurve von der Tangente. „Der Punkt der Tangente und der Punkt der Curve können ferner nicht als zwei Punkte gelten, die zusammenfallen, sondern sie sind ein Punkt, in Rücksicht auf die Erzeugung der Curve.“[4] Diese Vorstellung Robervals, wie Cohen sie erweiternd auslegt, erfährt demnach in unserer Untersuchung des Tangenten-Problems eine radikale Umdeutung. Nur in einer statischen Instanz der geometrischen Struktur *scheint* sich der Punkt der Tangente und der Punkt der Kurve in einem einzigen Berührungspunkt zu vereinigen; in Rücksicht auf die Erzeugung der Kurve, also in der Deutung einer dynamischen Instanz in der scheinbaren Statik des gestaltenden Punktes fallen sie *modal* auseinander. D.h. in Rücksicht auf die Bewegung des Punktes bilden der gestaltende Punkt der Tangente und der gestaltende Punkt der Kurve zwei verschiedene Instanzen, daher zeigen sie sich als von einander verschieden.

Diese verwirrenden Dualismen gehen letztendlich aus unserer *Sichtweise*, genauer – wie ich zu begründen versuche –, aus unseren visuellen Intuitionen hervor, durch die allein wir zu derartigen Problemen (wie dem Tangenten-Problem) einen Zugang zu finden vermögen. Bei näherer Bestimmung erweisen sich alle oben erörterten Deutungen und Vorstellungen – nämlich die Deutung einer dynamischen Richtungstendenz in der strukturellen Statik des gestaltenden Punktes, das Problem in der Feststellung dieser Tendenz als eine tangentiale Richtungskonstanz (in einer statischen Instanz) oder als eine rein dynamische Richtungsvariabilität sowie die daraus abzuleitende *rätselhafte* Koinzidenz zwischen einer statischen und einer dynamischen Instanz in dem *sichtbaren* strukturellen Eingegliedertsein eines Punktes in einer kurvigen Extension – als visuelle Intuitionen. Das Intuitive an diesem visuellen Phänomen liegt in jener Deutung der Dynamik einer Tendenz (oder einer *tendenziellen* Dynamik) in der scheinbaren Statik einer geometrischen Struktur.

Das Tangentenproblem bildet ein klassisches Beispiel für die visuelle Intuition in dynamischen Strukturen (oder in der Dynamisierung der scheinbar statischen Raumstrukturen). Als Newton und Leibniz die Infinitesimalrechnung entwickelten, lag dieses Problem bereits dem ursprünglichen geometrischen Verfahren der Differenzierung zugrunde. Das Prinzip der Infinitesimalrechnung basiert auf der Idee des Unendlichkleinen, die aber nicht aktual bzw. in einer diskreten Gegebenheit, sondern *potential* in einer unendlichen Prozessualität – genauer, in einer unendlich kontinuierlichen Verminderung eines unendlichkleinen Zuwachs der kurvigen Raumextension – bestimmt wird. In dem geometrischen Verfahren der Differenzierung wird zunächst ein gestaltender Punkt dargestellt, der durch eine algebraische Funktion *räumlich* zu fixieren ist. Die reine Variabilität der Variablen in der Funktion verleiht dem gestaltenden Punkt seine Dynamik und Richtungstendenz. Der gestaltende Punkt P (Fig. 4) bewegt sich in einer dynamischen Tendenz zur reinen Richtungsvariabilität und erzeugt dadurch die Kurve. Die kurvige Extension PQ ist der unendlichkleine Zuwachs der Kurve. Das Verfahren der Differenzierung besteht darin, die Richtungstendenz dieses unendlichkleinen Zuwachses zu bestimmen. Zu diesem Zweck wird der Zuwachs PQ unendlich verkleinert; der Punkt Q bewegt sich zum Punkt P. Diese im Prinzip unendliche Rückbewegung wird im Verfahren der Differenzierung durch eine *unendliche dynamische Tendenz* $\Delta x \to 0$ dargestellt. Da Δx (Abszisse des unendlichkleinen Zuwachses der Kurve) unendlichklein wird – folglich zu Null tendiert –, tendiert auch die Sekante PQ unendlich zur Tangente der Kurve am Punkt P. Wenn wir von der Bewegung des gestaltenden Punktes P ausgehen, bedeutet die unendliche Tendenz $\Delta x \to 0$ ursprünglich die unendliche Verminderung der unendlichkleinen *Differenz* zwischen der tangentialen Richtungskonstanz und der *die Kurve erzeugenden*

[4] Vgl. Anm. 2.

Richtungsvariabilität eines und desselben gestaltenden Punktes (P), indem wir die dynamische Richtungstendenz dieses Punktes in der Gestaltung der Kurve zu präzisieren



Figur 4

suchen. Die Operation $\Delta x \rightarrow 0$ entzieht sich *offensichtlich* unserer Einbildungskraft; sie scheint in einer visuellen Intuition erfaßt zu werden. Wenn Δx unendlich zu Null verkleinert wird, muß man sich ein sich unendlich verkleinerndes Dreieck an dem *im Prinzip unausgedehnten* Punkt P vorstellen. Derartige Ungereimtheiten und Widersprüche im Verfahren der Differenzierung, die Bischof Berkeley zum Gegenstand seiner Kritik an Newton und Leibniz machte,[5] sind letztendlich darauf zurückzuführen, daß man hier in der Statik des Punktes P eine dynamische Richtungstendenz (in seiner gestaltenden Bewegung) zu deuten versucht. Die Einfügung der Dynamik in die scheinbare Statik des Koordinatensystems, die die Grundlage des geometrischen Verfahrens der Differenzierung bildet, ereignet sich dann im Modus einer visuellen Intuition. Die Spannung zwischen einer visuell intuitiven Deutung einer Dynamik und der unmittelbaren visuellen Dynamik im physisch Wirklichen schien dazu führen, daß die Infinitesimalrechnung zu einer grundlegenden Methode in der angewandten Mathematik und Technik wurde.

Aber schon früher veranlaßte die Einfügung der Dynamik in der statischen Struktur der Geometrie den Ursprung der Klassischen Mechanik – insbesondere der Himmelsmechanik. Während die Statik wiederum eine direkte Anwendung geometrischer Strukturen auf die unsichtbare Verteilung der Kraft in der Materie ist, zeigt die Lehre der Dynamik die Geometrie (oder Geometrisierbarkeit) der sichtbaren Bewegungen der Körper. Obwohl die Statik über die unbeweglichen geometrischen Strukturen der Kraftverteilung verfügt – wie z. B. die Auflösung statischer Kräfte in horizontalen und vertikalen Komponenten in einem Bogen oder in einer Kuppel oder die Verteilung der statischen Kräfte in den Gliedern eines zwischen zwei Punkten gespannten Stahlträgers etc. –, schließt die geometrisch-vektorielle Repräsentation der statischen Kraft eine scheinbare Instanz der dynamischen Tendenz (dargestellt durch die vektorielle Richtungsbestimmung verschiedener Kräfte) in sich ein. Das Gleichgewicht der Kräfte in einem unbewegten Körper ist nur scheinbar eine statische, aber ihrem Wesen nach eine dynamische. Die Körper erlangen im Einzelnen aber auch im Kollektiven einen statischen Zustand, indem die verschiedenen Tendenzen der (statischen) Kräfte zur Dynamik gegenseitig ausgeglichen, ja *annulliert* werden. Die Lehre der Statik baut auf dem Prinzip auf, daß der Modus derartigen Annullierens (der Krafttendenzen zur Dynamik) im Stillstand der Körper vollkommen durch geometrische Strukturen darzustellen und demnach zu analysieren ist.

Diese Korrelation zwischen Geometrie und Mechanik (als Lehre der Statik und der Dynamik der Körper) scheint darin zu liegen, daß beide ursprünglich Raumwissenschaften sind. Alle unsichtbaren statischen Kräfte lassen sich vektoriell, also im geometrischen Raummodus, darstellen. Ebenso werden dynamische Kräfte in Bewegungen der Körper *geometrisiert* bzw. in geometrischen Richtungstendenzen – als geradlinig, kreisförmig, elliptisch, zentrifugal oder zentripetal – reduziert. Die *Erscheinung* der Kräfte in körperlichen Bewegungen unterscheidet die Dynamik von der Statik. Während in der Statik das Faktum der Zeit eine bloße Dauer der Ruhe ist, zeigt es sich in der Dynamik prinzipiell im Modus der Bewegung. Wenn wir vom Faktum der Zeit, die eine notwendige existentielle Grundlage der Körper ist, kurz absehen, erkennen wir sowohl die statischen als auch die dynamischen Wirkungen der Kräfte in bestimmten geometrischen Verhältnissen. Denn die Idee der Kraft läßt sich grundsätzlich vektoriell bestimmen. Hier kann man streng genommen weder von einem Vorrang der Geometrie vor der Mechanik – also von der Annahme, daß Geometrie als die *primäre* Raumwissenschaft auf die Mechanik anzuwenden ist – noch, umgekehrt, von einem Vorrang der Mechanik vor der Geometrie – also von der Annahme, daß die geometrischen Grundformen sich aus den mechanischen Prinzipien bloß ableiten lassen – ausgehen. Als Raumwissenschaften scheinen sie miteinander in einer strengen Korrelation zu stehen. Der Tendenz eines bewegten Körpers, sich geradlinig zu bewegen oder seinen Zustand der gleichförmigen geradlinigen Bewegung fortzusetzen, solange keine äußere, diese

[5] Vgl. Berkeley, Georg: Schriften über die Grundlagen der Mathematik und Physik, Frankfurt 1969, S. 89-103.

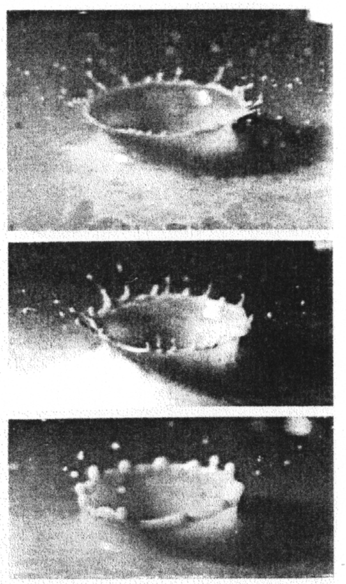
Richtungstendenz ablenkende Kraft auf ihn wirkt (wie das Trägheitsgesetz in der newtonschen Mechanik besagt), scheint diese Korrelation zugrunde zu liegen. Die Linearität als Grundeigenschaft der ursprünglichen und freien (von äußeren Kräften nicht abgelenkten) Bewegung ist streng genommen keiner geometrisch-axiomatischen Bestimmung einer Gerade, nämlich der Bestimmung *der Gerade als der kürzesten Strecke zwischen zwei Punkten im Raum*, unterworfen; ebenso ist die Eigenschaft der Gerade als die kürzeste Strecke oder Verbindung zwischen zwei Punkten im Raum nicht notwendig aus der geradlinigen Bewegung eines Körpers zu gewinnen. Sowohl das rein Mechanische als auch das rein Geometrische in diesem Phänomen, nämlich die konstante Richtungstendenz der Bewegung und deren Linearität, sind letztendlich visuelle Erkenntnisse, also Erkenntnisse im visuellen Modus. Als gewisse Hypothesen bilden sie aber grundsätzlich *intuitive* Erkenntnisse. Denn die Bewegung eines Körpers im Raum, der absolut leer ist, und in dem keine materielle Resistenz und immaterielle Gravitation wirksam sind, läßt sich nur intuitiv vorstellen.

Die visuelle Intuition der Kräfte im räumlich-geometrischen Modus ist in der Lehre der Statik das Grundprinzip der Analyse. Die Verteilung der Kräfte – ihre verschiedenen räumlichen Konstellationen – in statischen Formen wird durch geometrische Strukturen dargestellt und analysiert (Das Gesetz der Gleichgewichtslage in statischen Formen, das auf dem geometrischen Gesetz des Parallelogramms aufbaut, oder die Verteilung der Kräfte in horizontalen, vertikalen oder tangentialen Komponenten in architektonischen Baugliedern wie Bogen oder Kuppel sind treffende Beispiele). Die visuelle Intuition in statischen Strukturen kann man als eine strukturelle Intuition bezeichnen. In seiner Abhandlung *Structural Intuitions in Art and Science* führt Prof. Martin Kemp die Vorstellung von *struktureller Intuition* ein.[6] Unter Strukturen scheint Prof. Kemp in erster Linie visuelle Innenstrukturen in anorganischen und organischen Naturerscheinungen sowie in der Kunst der Bildhauerei und Architektonik zu verstehen. Die strukturelle Intuition ist aber kaum unmittelbar anschaulich, sie wird in der bloß visuellen Erfahrung der Natur- und Kunstformen simultan *intuitiv* hinzugefügt. Die Intuition der den Erscheinungen latenten Strukturen verleiht der ästhetischen Erfahrung der Natur und der Kunst eine wesentlich neue Dimension. Die *strukturelle Intuition*, wie sie in der Abhandlung Martin Kemps eingeführt und erörtert wird, scheint in der Lehre der Statik – in der Untersuchung statischer Strukturen der Kräfte in der Natur und in der Architektonik –

[6] Am 16. Dezember 2002 hielt Prof. Martin Kemp anläßlich einer Vortragsreihe bei der Hubert Burda Stiftung in München mit dem Rahmenthema *Iconic Turn* seinen Vortrag *Structural Intuitions in Art and Science*. Dieser Vortrag ist audio-visuell im Internet zu empfangen unter: http://netzspannung.org/media-library/iconic-turn/.

eine sehr fruchtbare Methode zu sein.[7] Fast alle statischen Kraftstrukturen in Naturgegenständen und in der Architektonik sind Modalitäten der Gleichgewichtslage verschiedener Kräfte, die vorzüglich der Gravitation ihren Ursprung und ihre

[7] Wichtig ist hierfür ein in diesem Vortrag gegebenes Beispiel “Phases of a Splash” von Arthur Worthington (Abbild 1) zu erwähnen. Dieses Beispiel wurde zunächst in einem Artikel mit dem Titel *Stilled Splashes*, erschien in der Zeitschrift *Nature*, behandelt: “The unexpected and wonderfully complex configurations of ‘simple’ splashes were first revealed in 1908 by Arthur Worthington, Professor of Physics at the Royal Naval College at Devonport, where research into the behavior of water and the dynamics of projectiles were of obvious relevance. Worthington’s *A Study of Splashes* and his photographic montages now in the National Museum of Photography, Film and Television at Bradford, are under-recognised classics of scientific photography. Each fleeting phase in splashes formed by falling bodies of various kinds and sizes was effectively stilled in



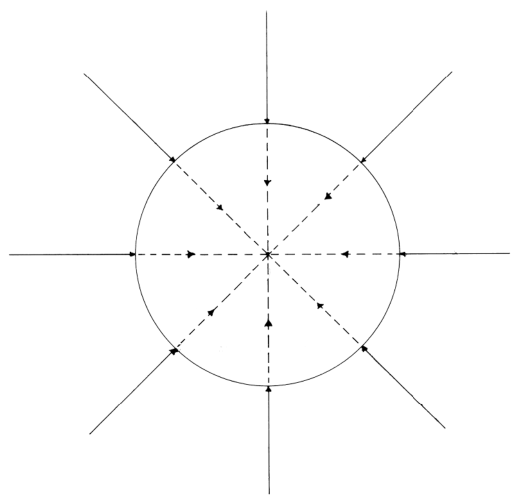
Arthur Worthington, ‘Phases of a Splash’,
from *A Study of Splashes*, 1908

Abbild 1

the light of a spark lasting less than three millionths of a second. Sets of splashes formed under identical conditions were successively photographed using a plate camera with an uncovered lens in a darkroom, with each successive splash captured at an interval of around one hundredth of a second later than its predecessor – on the assumption that each splash passes through essentially the same sequence of phases. [...] The Sensitivity of the process to its initial conditions was confirmed when smooth and rough spheres of identical dimensions and weight were shown to generate quite different shapes, one more roundly protuberant and the other more crater-like. Fluids of different viscosity, most notably water and milk, adopted varied configurations of splash.” Kemp, Martin: Visualizations. The Nature Book of Art and Science, Oxford University Press, Oxford 2000, S. 78-79. Allerdings dienen die in diesem Beispiel dargestellten Phasen eines Spritzers *nur in einer photographischen Statik* der Grundvorstellung von *struktureller Intuition* (in Naturphänomenen) als Beispiele für intuitiv wahrzunehmende *statische* Strukturen. In Wirklichkeit erweist sich ein derartiger Spritzer als dynamisch, also als eine dynamische Struktur. Demnach scheint in der photographisch dargestellten *momentanen* Phase des Spritzers eine strukturelle Statik mit einer *tendenziellen* Dynamik verflochten zu sein (wie die vorher erörterte Fusion zwischen Statik und Dynamik). Man kann zwar in jedem statischen Moment des Spritzers (wie er in diesem Bild dargestellt ist) eine intuitive Struktur erkennen, die aus einer Zusammenwirkung von zwei Grundkräften, nämlich der irdischen Gravitation und der – ihr scheinbar entgegengesetzten – Viskosität des Fluidums (des Wassers oder der Milch) zustande kommt. Aber die *Statik* dieser Struktur zeigt *in einem unendlichkleinen Moment* die Tendenz zu einer Dynamik, die das Wesen des Spritzers ausmacht, und zu der sich stets jeder diskrete statische Moment des Spritzers entwickelt. Der Modus der Wahrnehmung eines derart unendlichkleinen Moments der *tendenziellen* Dynamik (in der *bildlichen* Statik) scheint hier eine visuelle Intuition zu sein.

Richtungstendenzen verdanken. Wie vorher erwähnt wurde, ist es die Grundkraft der Gravitation, die die verschiedenen *statischen* Kraftstrukturen in natürlichen Formen und in architektonischen Konstruktionen zustande bringt. Die statischen Innenstrukturen der Kräfte haben dann die Funktion, die natürlichen Formen und die architektonischen Bauten gegen Gravitation zu halten bzw. in ihrem ursprünglichen Zustand der Ruhe zu erhalten.

An sich ist die Gravitation eine unsichtbare Kraft, die allerdings in mechanischen Phänomenen – in der Statik und in der Dynamik – in Erscheinung tritt. So *sehen* wir intuitiv die Richtungstendenz der gravitationellen Kraft in der statischen Vertikalität der natürlichen und architektonischen Erscheinungen sowie in dynamischen Vorgängen wie im Fallen schwerer Objekte zur Erde. Aus unserer Vorstellung von der Kugelform der Erde und unserer unmittelbaren Erfahrung der Vertikalität der gravitationellen Kraft entwickeln wir intuitiv – im visuellen Modus – die Struktur der irdischen Gravitation als die auf einen Punkt konzentrierenden (zentripetalen) linear-radialen Vektoren, wie in der Figur 5 dargestellt ist.



Figur 5

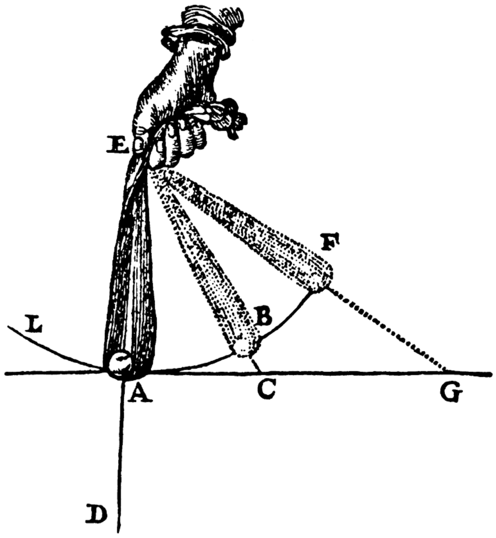
Diese allgemeine strukturelle Intuition der Gravitation, in der unzählige vektoriell zu bestimmende Krafttendenzen zentripetal bzw. sich auf einen einzigen Punkt (Zentrum der Erdkugel) konzentrierend vorgestellt werden, ist prinzipiell eine visuelle Intuition, also eine Intuition unsichtbarer Kräfte im visuellen geometrischen Modus. Die Gleichgewichtslage in dieser intuitiven Struktur der Gravitation (in der die zentripetalen Krafttendenzen sich gegeneinander annullieren) wird dabei zum Existenzgrund der Himmelskörper in der Statik. Die alle Teile des Körpers zusammenhaltende zentripetale magnetische Kraft liegt aber auch den irdischen Körpern zugrunde. Wir vermögen diese statische Kraft vor allem in gewissen Formationen des Fluidums zu erkennen. Wenn man Wasser nach oben in die Luft wirft, nehmen die zerstreuten Teile des Fluidums sphäroidische Form verschiedener Größe an. Die Kugelform, die die Wasserteilchen annehmen, wurde gewöhnlich auf das Faktum des Luftdrucks zurückgeführt, indem man feststellt, daß die in der Luft geworfenen Wasserteilchen dazu neigen, *minimale* Oberfläche zu bilden. Unter Soliden gleicher Volumina hat die Kugel die geringste Oberfläche. Im Prinzip entsteht diese rein geometrische Kugelgestalt aus der oben erörterten zentripetalen magnetischen Kraft, die einem Wasserteilchen ihre *freie* Existenz im Luftraum ermöglicht. Aufgrund der Zentriertheit dieser Kraft, die den Wasserkörpern zusammenhält, kommt *natürlich* eine Kugelform zustande; als solche ist sie eine notwendige Form der freien Existenz der Wasserkörper im Raum, also ihre *existentielle* Form (ein ähnliches Phänomen wäre die Formung einer Seifenblase in der Luft). Aus demselben Prinzip gewinnt ein auf der stillen Wasserfläche gefallenes und sich dabei erstreckendes Öltröpfchen die Form eines Kreises, indem der zentripetale, aber auf einer Ebene wirkende Magnetismus der viskösen insolublen Ölfläche diese ihre existentielle Form verleiht.

In derartigen Naturphänomenen ist die vorher erörterte Korrelation zwischen Geometrie und Mechanik zu erkennen. Die dreidimensionale Kugelgestalt, die der Wasserkörper in der Luft annimmt, und die ebene Kreisform, die das Öltröpfchen auf das Wasserfläche entwickelt, sind als räumliche Gestalten *minimale* Formen bzw. geometrische Grenzformen, die sich als solche räumlich weiter nicht reduzieren lassen. Aber ihre Beschaffenheit als räumlich-geometrische Grenzformen ist auch zugleich auf das in ihnen wirksame mechanische Prinzip des zentripetalen Magnetismus, der den fluiden Körper zusammenhält, zurückzuführen. Daß diese statische Kraft sich in geometrischen Vektoren *intuitiv* vorstellen und demnach in geometrischen Strukturen darstellen läßt, besagt nicht, daß hierbei die *apriorischen* Formen und Gesetze der Geometrie auf die mechanischen *aposteriorischen* Naturphänomenen bloß anzuwenden sind. Ein zwischen zwei Punkten gespanntes Seil nimmt die Form einer geraden Linie an. Diese und ähnliche *Formungen* in der Natur und in der Technik, wie z.B. die gerade Form einer Wasserspritze (aufgrund der hohen Geschwindigkeit) oder des Wasserfalls (aufgrund der Gravitation), des Lichtstrahls oder des Weges einer Schießkugel, entstehen aus den mechanischen Prinzipien der Natur selbst (aus der Eigenschaft der Materie sowie aus der Kinetik und Gravitation), allerdings im geometrischen Modus. Hier kann man kaum davon ausgehen, daß in allen dieser Naturphänomene ein einheitliches axiomatisches Prinzip der geometrischen Grundform „Gerade“ *als die kürzeste Verbindung zwischen zwei Punkten im Raum* irgendwie zur Anwendung kommt. Daß dieses geometrische Prinzip offensichtlich den oben erwähnten mechanischen Phänomenen zugrunde liegt, ist allein dadurch zu begründen, daß es letztendlich ein Prinzip des Raumes ist, der, wie vorher erörtert wurde, zugleich der Geometrie und der Mechanik als Basis dient. Die Linearität oder Vertikalität der oben erwähnten statischen und dynamischen *Zustände* ist weder bloß auf die Geometrie noch bloß auf die Mechanik zurückzuführen, sondern *einheitlich* auf den Raum, genauer, auf das Raumphänomen, in dem die Geometrie (oder geometrische Formung) und Mechanik (oder mechanisches Prinzip) miteinander korrelieren.

In den dynamischen kosmologischen Strukturen wird diese Korrelation deutlicher; allerdings fassen (oder visualisieren) wir sie intuitiv. Das newtonsche Prinzip der Trägheit, in dem ein in Bewegung gesetzter Himmelskörper immer zu einer geraden Richtung – oder zu einer Richtungskonstanz – tendiert, ist dafür ein treffendes Beispiel. Die Grundlage dieses Prinzips ist offensichtlich die hypothetische Annahme eines absoluten leeren Raumes, in dem der Körper in seinem Zustand der Ruhe oder der Bewegung durch keinerlei materielle Resistenz gehindert sowie durch gravitationelle Kräfte abgelenkt werden kann. Daß ein bewegter Körper unter diesen hypothetischen Umständen, nämlich der Leere und der vollkommenen Abwesenheit der äußeren gravitationellen Kräfte, in seinem Zustand der Bewegtheit verharrt bzw. eine konstante Geschwindigkeit und gerade Richtung erhält, ist streng genommen rein intuitiv zu visualisieren; die Richtungs- und Geschwindigkeitskonstanz der Himmelskörper im (newtonschen) absoluten Raum sind Erkenntnisse aus visuellen Intuitionen in der Dynamik. Ebenso setzen fast alle axiomatischen Prinzipien der Dynamik einen hypothetischen absoluten Raum (als ein unendlich ausgedehntes Nichts!), in dem die körperlichen Bewegungen zustande kommen, voraus. Auch wenn Descartes in seinem Werk *Die Prinzipien der Philosophie* die Zustände der Körper als Ruhe (in der Statik) oder als Bewegung (in der Dynamik) behandelt,[8] wird dabei anscheinend unbemerkt ein Freiraum *ohne gravitationelle Kräfte und Luftwiderstand* vorausgesetzt. Die linearen sowie kreisförmigen Bewegungen der Körper scheinen in einem derartigen absoluten Raum (dessen Existenz Descartes allerdings in seiner Auseinandersetzung mit der philosophischen Lehre des leeren Raums von vornherein ablehnt[9]) stattzufinden. Die hypothetische Annahme eines absoluten Raumes, der *an sich* vollkommen leer ist, bzw. in dem weder materielle Körper noch mechanische Kräfte ursprünglich *vorhanden* sind, schien dem Philosophen zu ermöglichen, die Prinzipien der Dynamik aus der Geo-

[8] Wichtig ist hier anzumerken, daß Descartes unter der quantitativen Bestimmung des Körpers allein ihre räumliche Ausdehnung – als Volumen – und nicht die Masse (was bei Newton zum Maßstab wurde) versteht. Vgl. dazu Descartes, René: Principles of Philosophy, translated, with explanatory notes, by Valentine Rodger Miller and Reese P. Miller, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht (Holland) 1984, S. 58 (Fußnote 31).
[9] Descartes, René: Die Prinzipien der Philosophie, übersetzt von Arthur Buchenau, Hamburg 1992, S. 38-41.

metrie *intuitiv* zu gewinnen. Ein Beispiel für eine derartige Ableitung wäre die Analyse der zentrifugalen und tangentialen Kräfte und Richtungstendenzen eines Körpers in der Kreisbewegung.



Figur 6

In diesem Bild (Fig. 6)[10] stellt Descartes die Kraft- und Richtungstendenzen eines Körpers in der Kreisbewegung dar. Um die zentrifugale Kraft in der Hand zu fühlen, muß man diese statisch dargestellte Struktur in die Dynamik – also in *Praxis* – umsetzen. Aber die Erkenntnis einer tangentialen Bewegung des von der zentrifugalen Tendenz (demnach von der Kreisbewegung) befreiten Körpers[11] scheint hier in erster Linie in einer geometrischen Intuition *visuell* zustande zu kommen. Es ist leicht zu merken, wie das bereits erörterte Tangenten-Problem in einer *wirklichen* dynamischen Struktur angewandt wird. Nun ist der Modus dieser Anwendung eine visuelle Intuition, also eine intuitive Deutung der tangentialen Richtungstendenz in der Kreisbewegung eines Körpers. In der kartesischen Untersuchung verschiedener Arten des Zusammenstoßes zwischen zwei Körpern im Raum[12] sind aber zugleich geometrische und mechanische Intuitionen zu spüren. Die Richtungstendenzen der Körper nach dem Stoß werden geometrisch-intuitiv, aber die Konstanz des *gesamten* Moments in jedem Ausgleich bzw. im Gewinn und in dem Verlust der Geschwindigkeit der gestoßenen Körper *mechanisch-intuitiv* erkannt.

Fast alle Grundvorstellungen der Mechanik – von der Antike bis zur Moderne – schienen die visuelle Intuition als Basis – also als Grundlage des Erkennens – zu haben. Und gerade in den visuellen Intuitionen statischer und dynamischer Strukturen schienen sie historisch allgemeine

[10] Ebd., S. 51.
[11] Ebd., S. 52.
[12] Ebd., S. 54-56.

Zustimmung, aber auch einzelne Auseinandersetzung, sogar Ablehnung zu erfahren. Das treffende Beispiel für eine radikal neue visuelle Intuition in der Mechanik wäre die Vorstellung von *Ruhe als unendlichkleine Bewegung* bei Leibniz[13], eine Vorstellung, in der Leibniz der traditionellen Auffassung vom Zustand der Ruhe – von Aristoteles, Descartes oder Newton – entgegenstand. In dieser Vorstellung wurde offensichtlich die Idee der Statik mit der der Dynamik zu fusionieren versucht; allein der Modus einer derartigen Fusion (die sich im allgemeinen auf die Grundvorstellung Leibnizens vom Unendlichkleinen – am besten dargestellt durch das von ihm erfundene Verfahren der Differenzialrechnung – zurückführen läßt) ist keine unmittelbare Sichtbarkeit, sondern eindeutig eine visuelle Intuition, also die intuitive Deutung einer dynamischen Tendenz in der scheinbaren Statik des Körpers. Die vorher erörterte strenge Korrelation zwischen Geometrie und Mechanik in der intuitiven Auffassung statischer und dynamischer Strukturen war in den neuzeitlichen Untersuchungen der Mechanik, insbesondere in der Himmelsmechanik, keine Voraussetzung. Da dominierte von vornherein die Geometrie, genauer, die Apriorität der Geometrie über die Bestimmung einer *wirklichen* Dynamik im Kosmos. Am klarsten kam die Idee einer derartigen Herrschaft der Geometrie über die Kosmologie in dem für die Renaissance und Neuzeit charakteristischen *Glaube* an die geometrische Beschaffenheit des Kosmos, demnach in der herrschenden Vorstellung vom *Gott als Geometer* zum Ausdruck:

„Whilst his predecessors accepted the cosmological state of affairs as the ultimate fact beyond which it was impossible to enquire, and at most believed (as did Copernicus) that they had discovered its specific law of order, Kepler boldly sought the underlying reason. The Cosmos was not formed by chance; it was created by God; and God, assuredly, did not create it *temere*, haphazardly, but on the contrary was guided by rational considerations and followed a perfect architectural plan. [...] In the first place, he (Kepler; A. d. Verf.) was concerned with finding the constructional laws (he called them ‘archetypal’ laws) which, in the mind of the Creator, directed the creation of the Universe. In Kepler’s view, these laws could only be mathematical, or indeed, to be more precise, geometrical ones. In the next place, he was concerned to find the physical (dynamic) means used by the Divine Architect, or Engineer, to keep his construction together, or to set it in motion.“[14]

Die Vorherrschaft der Annahme von der Antike bis zur Moderne, daß der Kosmos geometrisch entworfen ist, basierte auf der Grundvorstellung von der perfekten Kreisbahn der Planeten um ein unbewegtes Zentrum (Erde im geozentrischen und Sonne im heliozentrischen System) herum. Um eine derartige geometrische Vollkommenheit der Planetenbahnen auf

[13] Leibniz, Gottfried Wilhelm: Neue Abhandlungen über den menschlichen Verstand, übersetzt, eingeleitet und erläutert von Ernst Cassirer, Hamburg 1971, S. 85.
[14] Koyré, Alexandre: The Astronomical Revolution, übersetzt von R. E. W. Maddison, Paris 1973, S. 122, Vgl. dazu die Fußnote 12-15, S. 378-379.

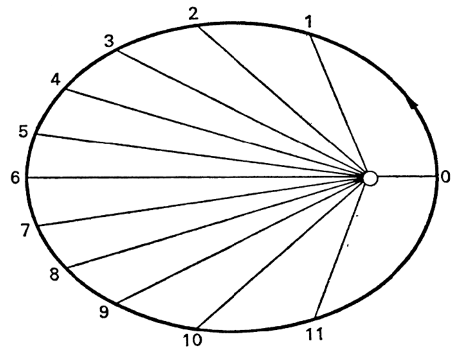
eine Himmelsmechanik zu übertragen, ging man davon aus, daß die Planeten eine gleichförmige Kreisbewegung bzw. eine Revolution mit konstanter Geschwindigkeit haben. Diese Vorstellung von einem sowohl geometrisch als auch mechanisch *harmonischen* Kosmos, worauf die Kosmologie von Ptolemäus bis Kopernikus aufgebaut wurde, erlitt eine Niederlage in der Entdeckung der elliptischen Planetenbahnen sowie der der inkonstanten Planetenbewegungen von Johannes Kepler. Ihm standen die von seinem Vorgänger Tycho Brahe, dem großen Wissenschaftler der beobachtenden Astronomie in der Neuzeit, hinterlassenen *empirischen* Daten bezüglich der Bewegung des Planeten Mars zur Verfügung. Anhand eines induktiven Verfahrens *entdeckte* Kepler, daß der Planet Mars keine Kreisbahn mit der Sonne im Zentrum, sondern eine elliptische Bahn mit der Sonne an einem der beiden Brennpunkte hat, und daß er am sonnennahen Punkt der Bahn (Perihel) sich schneller, am sonnenfernen Punkt (Aphel) sich langsamer bewegt. Daß alle Planeten im Solarsystem wie der Mars elliptische Bahnen mit der Sonne an einem Brennpunkt sowie eine periodische Variation der Geschwindigkeit haben, schien Kepler, von dieser eher induktiven Entdeckung ausgehend, bloß zu vermuten, wie Newton ihm später vorwarf.[15] Hier ist interessant zu bemerken, daß es dieser Kepler war, der fest an eine von Gott intendierte geometrische Beschaffenheit des Kosmos glaubte, und der dementsprechend in seinem ersten Hauptwerk *Mysterium Cosmographicum* die himmlischen Positionen der fünf Planeten aus den fünf platonischen Körpern (Hexaeder, Tetraeder, Dodekaeder, Ikosaeder und Oktaeder) *rein deduktiv* festzustellen wagte, dem schließlich anscheinend eine göttliche Aufgabe fiel (wovon Kepler von vornherein überzeugt war), die geometrische Einheit und Vollkommenheit planetarischer Kreisbahnen durch die Mannigfaltigkeit von elliptischen Bahnen – ebenso die mechanische Harmonie der gleichförmigen Bewegung bzw. der konstanten Geschwindigkeit der Planeten durch die Inkonstanz oder Variabilität der Planetengeschwindigkeit – zu korrigieren. Allerdings schien Kepler dabei seine Grundvorstellung von der geometrischen Beschaffenheit des Kosmos weder aufzugeben noch zu korrigieren, indem er erneut aus seiner *induktiven* Entdeckung der Elliptizität der Planetenbahnen und der periodischen Variabilität der Planetengeschwindigkeit ein allgemeines mathematisches Prinzip der Planetenbewegung abzuleiten versuchte. Aus dieser Untersuchung Keplers entstand sein bekannter Flächensatz der Planetenbewegung, der besagt, daß die Verbindungslinie Sonne-Planet, der Radiusvektor oder Fahrstrahl, bei der planetarischen Bewegung in einer elliptischen Bahn in gleichen Zeitspannen gleiche Flächen überstreicht,[16] wie in der Figur 7 dargestellt ist.

---

[15] Vgl. Cohen, Bernard: Kepler's Century, aus: Kepler. Four Hundred Years, hrsg. von Arthur Beer und Peter Beer, Oxford 1975, S. 17-19.

[16] Vgl. dazu Doebel, Günter: Johannes Kepler, Verlag Styria, Köln 1983, S. 229.

So wurden in einem mathematischen Bewegungsgesetz die Elliptizität der Planetenbahnen und die Periodizität ihrer variablen Geschwindigkeit theoretisch vereinheitlicht. Hier könnte man annehmen, daß Kepler in seinem Flächensatz die Elliptizität als geometrische



Keplerian motion: Elliptic motion and law of equal areas with respect to focus. Orbital positions are marked for each one-twelfth of a revolution, beginning with perihelion.

Figur 7

Beschaffenheit der Planetenbahnen und die Periodizität in der Variation der Geschwindigkeit als die mechanische Eigenart der Planetenbewegung *miteinander korrelierend* auffaßt. D.h. Kepler schien in seiner Unternehmung zur Mathematisierung der von ihm induktiv entdeckten Elliptizität und variablen Geschwindigkeit der Planetenbewegung eine Korrelation zwischen Geometrie und Mechanik anzudeuten. Und gerade diese dem keplerschen Flächensatz immanente Korrelation zwischen Geometrie und Mechanik schien bei Newton keine Anerkennung zu finden. Erneut postulierte Newton den Flächensatz der Planetenbewegung, indem er ihn *primär* als ein notwendiges geometrisch-mathematisches Prinzip betrachtete. Dabei machte Newton Kepler den Vorwurf, daß Kepler den Flächensatz scheinbar als ein Zufallsprinzip, und kaum als ein notwendiges geometrisch-mathematisches Gesetz entwickelte. Demnach gelang es erst ihm, den Flächensatz aus rein geometrischen Prämissen – unabhängig von induktiv gewonnenen Daten – abzuleiten. Es scheint, daß der keplersche Flächensatz bei Newton eine methodische Umdrehung erfahren hat. Kepler leitete die Elliptizität der Planetenbahn und den Flächensatz der Planetenbewegung (auf elliptische Bahnen) aus der *empirisch beobachteten* Dynamik der Planeten durch ein induktives Verfahren ab. Dagegen ging Newton von der geometrischen Gesetzmäßigkeit der Elliptizität der Planetenbahnen und von der mechanischen Gesetzmäßigkeit der planetarischen Variation der Geschwindigkeit, die aber prinzipiell dem *vorzüglich geometrischen* Flächensatz unterworfen ist, aus, um seinen planetarischen Flächensatz aus einem deduktiven Verfahren zu gewinnen. In dieser Weise schien Newton die Mechanik der Planetenbewegung ihrer *notwendigen* geometrischen Strukturiertheit zu unterwerfen. In seiner Abhandlung *Kepler's Century* untersucht Bernard Cohen diese strategische Umdrehung der Methode (zur Ableitung und Begründung des Flächensatzes) bei Newton, in der eine klare Vorstellung von der Herrschaft der mathematisch-geometrischen Prinzipien über die Himmelsmechanik bzw. über die Dynamik der Planeten in der Wissenschaft der Kosmologie zum Vorschein kommt:

„Newton's *Principia* is, in a sense, a more Keplerian book than he was aware. One way to discern this feature of the *Principia* is to examine the relation between the first and second of Kepler's laws as treated by Newton. I well remember how puzzled I was, when – as a graduate student, soon after I had made a shift in speciality from physics and astronomy to history of science – I was asked by a scientific colleague if Kepler could possibly have found the law of areas before the law of elliptical orbits. Like others who had not done any direct research on the question at that time, I had assumed that what we call Kepler's first law preceded what we call the second law in both a chronological and a logical sequence. After plotting a number of Mars's positions in place, I had supposed, Kepler then found a curve that gave the best fit, and so introduced the elliptiform path. Next, in order to regularize the changing orbital speed, he would have hit upon the area law by slicing up the orbit in various ways. Those who have studied this topic know better of course. Kepler first found a general area law, using certain principles of force and motion in relation to the Sun's influence on the planets, and he then applied the general law to discover the actual shape of the orbit. Indeed this is the sense in which Kepler described his "new astronomy" based on "causes". Unlike Ptolemy or Copernicus, he was not merely tracing out geometric patterns that would result from one form or another of a heliostatic or geostatic model, but was rather deducing the shape of the orbit and the law of orbital speed from physical considerations of the nature of the solar force. The planetary motions were thus studied in relation to the Sun itself, rather than a mean Sun (such as the center of the Earth's orbit in a pure Copernican system): a feature, as we have seen, that makes the Keplerian system differ from the Copernican in being truly heliocentric and not merely heliostatic.

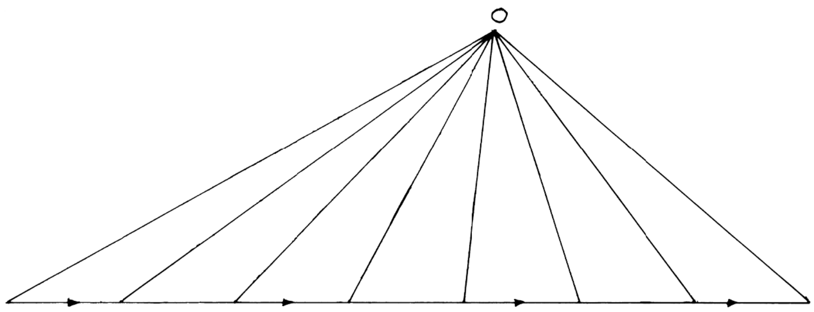
Once I had grasped this sequence in Kepler's development of the first two laws of planetary motion, I recognized the existence of a Keplerian logic in Newton's *Principia*. For Newton too begins with the law of areas in general, and only then proceeds to the shape of the orbit. The beginning propositions of Book I are devoted to the area law without reference to any particular shape of orbit. First Newton shows that whenever a body moves freely without any external force acting (so that its motion is purely inertial or uniformly geradlinig), a radius vector drawn from the body to any point not on the line of motion will sweep out equal areas in equal times. Next he shows that if there is a force acting on a body with an initial component of inertial motion, then the law of areas is a necessary and sufficient condition that these areas are reckoned. Thus was revealed for the first time the physical or causal significance of the area law in relation to the law of linear inertia and the concept of a centripetal force. It is only the next section of the *Principia*, in Prop. 11, that Newton proceeds to the actual shape of the orbit: He proves that if the orbit of a moving body is elliptical, the centripetal force directed towards a focus must vary inversely as the square of the distance. Succeeding propositions demonstrate that in a parabolic or a hyperbolic orbit, the same law of force will obtain."[17]

---

[17] Cohen, a.a.O., S. 15-16.

Ob Kepler zunächst die elliptische Bahn der Planeten entdeckte und daraus bzw. aus der Elliptizität und der *mechanischen* Periodizität der Geschwindigkeitsvariation der Planetenbewegung den Flächensatz ableitete, ist letztendlich eine Frage nach der Methode Keplers, nämlich die Frage, ob die Entdeckung des Flächensatzes bei Kepler vorzüglich eine Induktion oder eine Deduktion war. Indem Kepler ursprünglich von den von Tycho Brahe überlassenen empirischen Daten bezüglich der Marspositionen ausging, erlangte er die Elliptizität der Planetenbahn *anscheinend* in einem induktiven Verfahren – allerdings durch eine Geometrisierung räumlicher Extension –, aber seiner Entdeckung des Flächensatzes aus den geometrischen und mechanischen Grundlagen der Planetenbewegung schien in erster Linie eine gewisse *deduktive* Intuition, und zwar eine visuelle Intuition zugrunde zu liegen. Den allerersten *Eindruck*, daß in der planetarischen Bewegung in elliptischer Bahn ein Radiusvektor von der Sonne (die an einem Brennpunkt der elliptischen Bahn steht) zum Planeten in gleichen Zeitspannen gleiche Flächen überstreicht, gewann Kepler ursprünglich allem Anschein nach bloß intuitiv, was ich hier als ein historisches Beispiel für visuelle Intuition in dynamischen Strukturen zu betrachten versuche. In einem derartigen intuitiven Verfahren scheinen die prinzipiell entgegengesetzten Methoden der Induktion und Deduktion ineinander verflochtet zu werden.

Bei Newton scheint dagegen die Entdeckung des Flächensatzes in erster Linie deduktiv, genauer, geometrisch-deduktiv zu sein. Ihm standen aber (im Unterschied zu Kepler) die von Kepler bereits entdeckte Elliptizität der Planetenbahn sowie periodische Geschwindigkeitsvariation der Planetenbewegung als Prämissen zur Verfügung. Aber in seiner Methode ging Newton allein von der rein deduktiven Wissenschaft der Geometrie aus. Sein erster Schritt, wie Cohen ihn beschreibt, verdeutlicht diese seine methodische Neigung zur Geometrie in der Grundlegung einer Himmelsmechanik. Im ursprünglichen Modell wurde demnach das Faktum der Gravitation nicht einbezogen. Zunächst wurde eine rein träge und als solche geradlinige Bewegung eines Himmelskörpers vorgestellt, indem er gleiche Strecken in gleichen Zeitspannen beschreibt. Ein Radiusvektor von diesem Körper zu einem externen Fixpunkt im Raum überstreicht dann gleiche (dreieckige) Flächen in gleichen Zeitspannen, wie in der Figur 8 dargestellt ist.



Figur 8

Nur die träge und geradlinige Bewegung des Himmelskörpers ist in diesem ursprünglichen Modell das einzige Faktum der Mechanik bzw. Dynamik; ansonsten zeigt es sich als bloß geometrische Struktur. Daß die dreieckigen Flächen in diesem geometrischen Modell gleich sind, ist eine Erkenntnis a priori, also eine geometrisch-axiomatische Erkenntnis, da die Dreiecke auf einer Linie ihre gleichen Basen und an einem externen Punkt (O) ihre gemeinsame Spitze haben (so daß auch ihre Höhen gleich sind). Durch die direkte Anwendung seines Trägheitsgesetzes in diesem geometrischen Modell versucht Newton, den Flächensatz der Planetenbewegung *ohne das Faktum einer externen zentripetalen Gravitation* rein geometrisch einzuführen und zu begründen. Aber die Grundlage des in dieser Weise *bewiesenen* Flächensatzes ist offensichtlich nicht die Mechanik, sondern die Geometrie. Allein die Tatsache, daß ein Himmelskörper (auf den keine externe Kraft einwirkt) in seiner rein trägen geradlinigen Bewegung gleiche Strecken in gleichen Zeitspannen beschreibt, bildet hier ein Prinzip der Himmelsmechanik. Daß dieser Körper in seiner gleichförmigen geradlinigen Bewegung mit einem externen Fixpunkt im Raum gleiche dreieckige Flächen in gleichen Zeitspannen überstreicht, ist dagegen ein rein geometrisches Prinzip – also eine bloß geometrische Erweiterung –, was streng genommen mit der reinen Dynamik bzw. Bewegung des Körpers im Raum nichts zu tun hat, oder wovon die träge geradlinige Bewegung des Planeten im Raum als Prinzip der Himmelsmechanik nicht unbedingt *abhängt*. Ein *hypothetischer* Vorrang der Geometrie vor der Mechanik – also ein geometrisches Prinzip als *notwendige und hinreichende Voraussetzung* für ein mechanisches Phänomen –, wovon Newton in seiner Himmelsmechanik ausgeht, scheint hier ungereimt. Bei näherer Betrachtung ist in diesem Modell weder ein derartiger Vorrang eines geometrischen Prinzips des Flächensatzes noch – umgekehrt – die geometrisch-axiomatische Bestimmtheit der Planetenbewegung im Flächensatz bloß als ein Zufallsprinzip, sondern von vornherein eine vorher erörterte Korrelation zwischen Geometrie und Mechanik – in ihrer Einheit als Raumwissenschaften – zu erkennen.

In seiner Ableitung eines allgemeinen Flächensatzes aus diesem ursprünglichen geometrischen Modell setzt Newton eine klare Herrschaft des *eher geometrischen* Flächensatzes über die Dynamik der Planeten voraus. Newton zeigt, daß wenn der Planet von seiner trägen bzw. gleichförmigen geradlinigen Bewegung abweicht, er einer zentripetalen Kraft aus einem externen Zentrum folgt. Als Erweiterung dieses Modells wird demnach eine zentripetale gravitationelle Kraft eingeführt, die von einem externen Zentrum ständig auf den bewegenden Planeten einwirkt. Nach dem Trägheitsprinzip aber hat der Planet die Grundtendenz, in seiner ursprünglichen geradlinigen Bewegung zu verharren. Aus diesen beiden entgegengesetzten Phänomenen – aus der Einwirkung der gravitationellen Kraft und aus dem Trägheitsprinzip – folgt, daß der Planet (aufgrund der einwirkenden Gravitation) von seiner geradlinigen Bewegung abgelenkt und dabei (anscheinend auch durch das Trägheitsprinzip) beschleunigt wird. Aber aus derartiger Ablenkung bzw. Abweichung in der Richtungstendenz und Variation in der Geschwindigkeit der Planetenbewegung durch die Einwirkung einer externen zentripetalen Gravitation können nicht nur elliptische, sondern auch hyperbolische, parabolische oder kreisförmige Planetenbahnen entstehen, wie Cohen betont.[18] Newton geht von der ursprünglich (von Kepler) durch ein induktives Verfahren entdeckten und dadurch bereits als Prämisse vorhandenen Elliptizität der Planetenbahn aus, und stellt dabei axiomatisch fest, daß der Flächensatz eine notwendige und hinreichende Voraussetzung sowohl für die Elliptizität der Planetenbahnen als auch für die qualitative und quantitative Bestimmung der zentripetalen Gravitation ist (die zusammen mit der trägen Bewegung der Planeten die Elliptizität der Planetenbahn und die Periodizität der Geschwindigkeitsvariation in der Planetenbewegung zustande bringt).

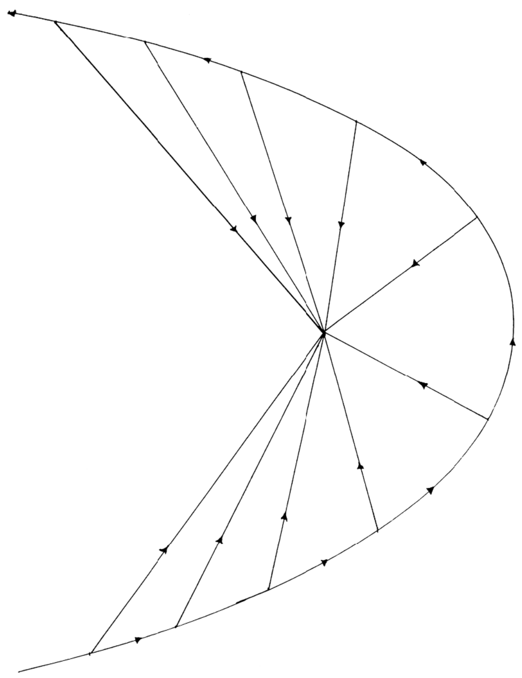
Daß der *geometrische* Flächensatz eine notwendige und hinreichende Voraussetzung in der Untersuchung der Planetenbewegung ist, scheint in erster Linie keine apodiktisch gewisse axiomatische Erkenntnis, sondern eine blinde Überzeugung, also ein gewisser wissenschaftlicher Glaube zu sein, den Newton offensichtlich vom Geist der Neuzeit erbte. Hier muß man näher prüfen, ob in der Himmelsmechanik allein die mechanischen Grundlagen bzw. die auf die Planeten einwirkende Gravitation und träge Bewegung der Planeten *oder* daneben auch

---

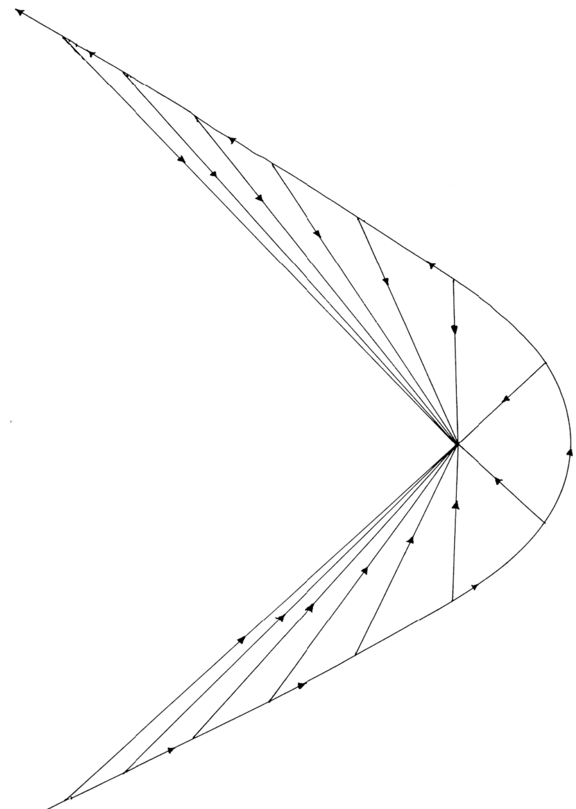
[18] Vgl. Anm. 18; vgl. auch die Fußnote zu diesem Zitat: "Newton proved, in other words, that a planet (considered as a point-mass) moving about a center of force (which could be at rest or in motion) in any one of the conic sections, according to the law of areas, would be combining an inertial motion with the continued accelerative effects of a central force varying inversely as the square of the distance. The converse case, also explored by Newton, namely, the orbit produced by a central force (varying inversely as the square of the distance) acting continuously on a body with an initial component of inertial motion, did not yield a unique answer unless a further specification of the initial conditions were made; the orbit could be any one of the conic sections, ellipse or parabola or hyperbola, or even a circle or a straight line." Ebd. S. 32.

eine geometrische Grundlage wie den Flächensatz als Prämisse anzunehmen sind. Bei Newton wurden einerseits mechanische Phänomene, nämlich die externe zentripetale Gravitation und die *interne* Trägheit der Planeten, andererseits der geometrische Flächensatz zu Prämissen, aus denen die anderen Fakten der Planetenbewegung wie die Elliptizität der Planetenbahn, die Vermehrung der Gravitationskraft in inverser Proportion zu dem Quadrat der radialen Entfernung der Planeten von der Sonne (das *Invers-Square Law*) und das mechanische Prinzip der periodischen Variation der Geschwindigkeit in der elliptischen Planetenbewegung gefolgert wurden. Auch wenn wir in Anlehnung an Newton von der *Geometrisierbarkeit* der Planetenbewegung ausgehen, ist es leicht zu erkennen, daß die Form der Planetenbahn *primär* durch die zwei zusammenwirkenden mechanischen Prinzipien, Gravitation und träge Bewegung der Planeten, bestimmt wird. Entsprechend der Stärke der zentripetalen Gravitation und der trägen Bewegungstendenz (des planetarischen Moments) sowie der Entfernung des Planeten von der Sonne können nicht nur unzählige elliptische, sondern auch parabolische, hyperbolische oder kreisförmige[19] Planetenbahnen zustande kommen, wie die Figuren 9, 10 & 11 zeigen. Allen diesen verschiedenen möglichen Formen der Planetenbahn liegt der Flächensatz zugrunde. Dies besagt, daß der Flächensatz keine notwendige und hinreichende Voraussetzung ist, daß die Form der Planetenbahn, die sich aus diesem geometrischen Gesetz ableiten läßt, unbedingt eine Ellipse ist. Zugleich ist der Flächensatz weder auf ein räumlich-geometrisches Zufallsprinzip noch auf eine bloße Schlußfolgerung in der Himmelsmechanik zu reduzieren, sondern, wie bereits erörtert wurde, in einer strengen Korrelation mit den mechanischen Prämissen, Gravitation und träger Planetenbewegung, zu erfassen.

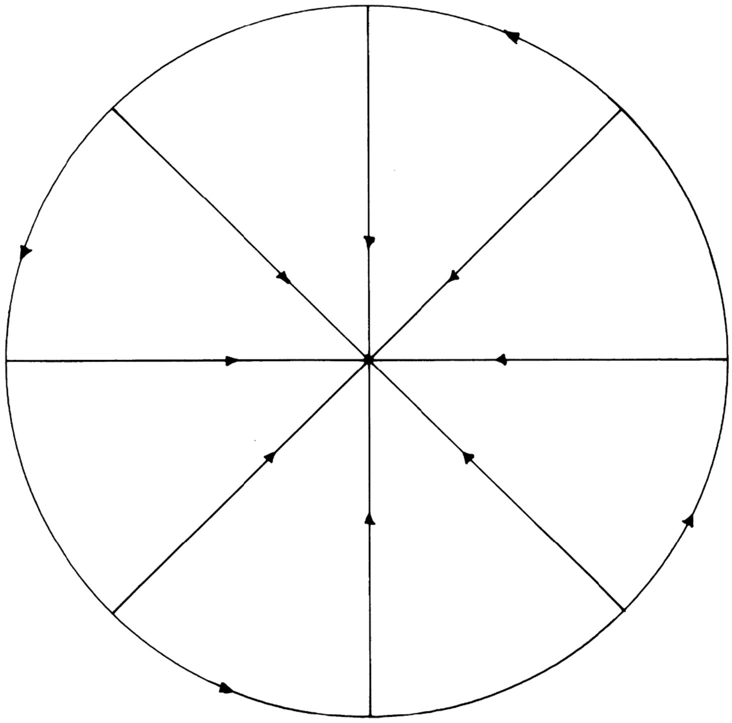
[19] Eine kreisförmige Bahn entsteht, wenn der Planet durch eine zentripetale Gravitationskraft eine konstante Richtungsvariabilität erlangt, so daß ihre Geschwindigkeit sowie ihre Entfernung vom gravitationellen Zentrum konstant bleiben.



Figur 9



Figur 10



Figur 11

Die Verfügbarkeit keplerscher Gesetze schien Newton zu einer problematischen Bestimmung von Prämissen und Schlußfolgerungen in seinem Entwurf der Prinzipien der Himmelsmechanik zu veranlassen. Zunächst nahm Newton die *geometrischen* Eigenschaften der Planetenbewegung wie die Elliptizität der Planetenbahnen und den Flächensatz als Prämisse an, und folgerte daraus das Gravitationsgesetz, nämlich die Vermehrung der gravitationellen Kraft in inverser Proportion zum Quadrat der Entfernung des Planeten von der Sonne bzw. vom Zentrum der auf sie einwirkenden Gravitation (ebenso gilt dieses Gesetz für die Bewegung der Satelliten auf elliptische Bahnen um Planeten herum). Aber auch umgekehrt nahm Newton das Gravitationsgesetz und das Faktum der periodischen Geschwindigkeitsvariation in der Planetenbewegung als Prämisse an, um daraus die Elliptizität der Planetenbahnen (die in Wirklichkeit ein Einzelfall, aber kein allgemeiner Fall sein kann, wie vorher gezeigt wurde) durch das von ihm selbst erfundene Verfahren der Infinitesimalrechnung zu beweisen. In einer derartigen Reziprozität der Methode scheint ein durchaus fragwürdiges Wechselspiel zwischen Prämissen und Schlußfolgerungen in Erscheinung zu treten. Wäre es nicht sinnvoll, die primären rein mechanischen Phänomene der Gravitation und der periodischen Variation der Planetengeschwindigkeit (unter der Zusammenwirkung der Gravitation und der trägen Bewegungstendenz der Planeten) als Prämisse anzunehmen und daraus die verschiedenen Modi der Planetenbahnen *intuitiv* aufzufassen bzw. zu visualisieren, anstatt den geometrischen Flächensatz als notwendige und hinreichende Voraussetzung zu bestimmen? Indem wir den geometrischen Flächensatz, wie vorher erörtert wurde, nicht auf ein Zufallsprinzip reduzieren, sondern statt dessen in einer notwendigen Korrelation zu den oben erwähnten mechanischen Prinzipien erfassen, betonen wir auch seine Notwendigkeit und Zulänglichkeit in der Himmelsmechanik allerdings nicht in einem geometrisch-axiomatischen Status einer Prämisse, sondern im Modus einer *axiomatischen* Korrelation zwischen Geometrie und Mechanik als Raumwissenschaften.

2.

Während die Himmelsmechanik ein Beispiel für die Fusion zwischen Statik und Dynamik im Bereich der Wissenschaft ist, scheint der Tanz eins im Bereich der visuellen Kunst zu sein, bei dessen Rezeption – ebenso wie bei kosmologischen Strukturen – uns eine visuelle Intuition in dynamischen Strukturen zu Hilfe kommt. Tanz läßt sich als Kunst der körperlichen Dynamik bestimmen. Er ist zugleich eine Zeitkunst; in ihm tritt die Zeit im Modus rhythmischer Bewegung in Erscheinung. Während Architektur offenkundig eine Raumkunst ist (obwohl in der Architektonik unweigerlich eine Versiegelung der Zeit zutage tritt) – also eine Kunst der Statik –, macht die Bewegung, die Dynamik das Wesen der Tanzkunst aus.

Architektur als Kunst der Statik und Tanz als Kunst der Dynamik scheinen auch in ihrer *modalen* Gegensätzlichkeit eine *Ursache* – also ein ursächliche Grundlage – gemeinsam zu haben. Diese ursächliche Grundlage scheint dann die Gravitation zu sein, daß sowohl die statische Architektur als auch der dynamische Tanz der Kraft der Gravitation entgegenarbeiten. Beide Kunstformen entstehen scheinbar aus einem Kampf gegen die Gravitation. Während die vertikale Höhe sowie die horizontale Spanne in der Architektonik einen *dauerhaften* Sieg über die Gravitation zur Schau stellen, kämpft die Tänzerin oder der Tänzer – sowohl in der westlichen als auch in der orientalischen Tradition – stets gegen die Gravitation, genauer, gegen die unaufhörliche Wirkung der Gravitation in der körperlichen Neigung zur Trägheit. Im Tanz bemüht man sich um die kontinuierliche Fortsetzung einer Dynamik, deren einzige Gegenspieler (abgesehen von der winzigen Luftresistenz) die Gravitation ist. Auf den dynamischen Körper wirkt die Gravitation ständig ein, um seine Bewegungen zu verlangsamen und ihn zum Stillstand, also zur Statik zu bringen. Insbesondere richtet sich der Rhythmus im Tanz nach der Gravitation. Der tänzerische Rhythmus, obwohl ursprünglich durch die *notwendige* Begleitung der Musik bestimmt, kann man als eine Sukzession momentaner (manchmal unendlichkleiner) statischer Diskretionen bestimmen, die durch die ständige Intervention der Gravitation zustande kommen und die als solche in der Kontinuität tänzerischer Bewegungen eingeordnet bzw. *eingegliedert* werden. Rhythmus als Modus sukzessiver Diskretion in der Kontinuität ist daher eine Wirkungsart – ein *Ausdruck* – der Gravitation, die den bewegten Körper stets zur – zwar rhythmischen – Statik zwingt und dermaßen ein *gegenseitiger* Mitspieler im dynamischen Tanz ist.

Gravitation ist aber nur ein Mitspieler in der Tanzkunst. Jede Initiierung und Fortsetzung der Bewegungen *aus sukzessiven Diskretionen der Statik* sollte die Eigendynamik des Körpers leisten. In der Synchronisierung des tänzerischen mit dem musikalischen Rhythmus beziehen wir die Gravitation als eine unmittelbare Grundkraft ein, die im allerlei *rhythmischen Tendieren* des bewegten Körpers zur Verlangsamung und zum Stillstand in Erscheinung tritt. Man könnte in diesem Zusammenhang den tänzerischen Rhythmus als eine Synthese zwischen den gegensätzlichen Tendenzen des bewegten Körpers, also zwischen der stets die Bewegung initiierenden körperlichen Eigendynamik und der die Bewegungen ständig verlangsamenden gravitationellen Statik bestimmen. Rhythmus wäre dann der sichtbare Ausdruck der sukzessiven statischen Diskretionen, die in der Kontinuität der körperlichen Eigendynamik eingegliedert werden. Die rhythmischen Diskretionen im Tanz lassen sich zu denen in der Musik analogisieren, obwohl die Natur der rhythmischen Diskretion im Tanz bzw. der gravitationellen Statik sich von der Natur des musikalischen Rhythmus unterscheidet. Die Analogisierung zwischen den *bloß modal* differenten tänzerischen und musikalischen Rhythmen ist auch die Basis der *notwendigen* Synchronisierung dieser Künste in unmittelbarer Sichtbarkeit. Man hört die Begleitmusik und sieht zugleich die mit der Musik synchronisierenden Bewegungen des Tanzenden. In einer Spontaneität dieser grundsätzlich verschiedenen Wahrnehmungen scheint der Tanz eine gewisse Veranschaulichung der (an sich unsichtbaren) Musik zu sein.

Im Tanz geht der Körper sukzessiv von Zuständen der Statik in die der Dynamik über; anders ausgedrückt, zeigt der tänzerisch bewegte Körper eine ständige Tendenz von der Statik zur Dynamik. Die statischen Momente, die zur Dynamik tendieren, sind aber keine bloßen Zustände des Stillstands – wie vielleicht in dem Einfrieren einer Szene im Theater oder im *Tableau* zu sehen ist –, sondern die Diskretionen eines im Grunde dynamischen Rhythmus, also die Diskretionen rhythmischer Konfigurationen, in denen der Körper besondere Formen – aber kaum alltägliche Gesten – zum Ausdruck bringt. Die tänzerische Statik zeigt sich als eine rhythmische Statik, die als Diskretionen in der tänzerischen Dynamik immer eine Endkonfiguration einer Bewegung ist, aus der eine neue Bewegung entsteht. Daß in der tänzerischen Dynamik die stetige Diskretion einer rhythmischen Statik eingegliedert wird, könnte man anders betrachten, nämlich als eine stetige – als solche rhythmische – Infusion der dynamischen Bewegungen *verschiedener Modi* in der Statik des Körpers. Demnach ist Tanz ein Spiel der körperlichen Eigendynamik, die stets die Bewegungen initiiert und vorantreibt, gegen die Gravitation, die den bewegten Körper stets zur Statik, zum Stillstand zwingt.[20]

Die Momente statischer Stillstände in der tänzerischen Dynamik zeigen sich, wie oben erörtert ist, als besondere Konfigurationen oder Strukturierungen des Körpers. In der Linearität sowie in der Kurvierung der Körperteile – sowohl in der westlichen als auch in der orientalischen Tradition – ist eine gewisse geometrische Strukturierung und Ordnung kaum zu übersehen. Alle Strukturierungen des Körpers mit linearen und kurvigen Konfigurationen im Stillstand bilden stets den Endzustand einer aufgehörten Dynamik – also als nachgelassene Residuen einer Bewegung, wenn sie in einem Stillstand momentan aufgehoben wird – und zugleich den Ursprungszustand einer neuen Dynamik, einer neuen Bewegung. In bloßer Sichtbarkeit erscheinen die rhythmischen Diskretionen zwar im statischen Zug, aber in einer *visuellen Intuition* würden sie uns von Grund aus durch eine dynamische Potenz prägnant vorkommen. Die Rezeption der Tanzkunst ist keine bloße Wahrnehmung dynamischer Bewegungen und statischer Diskretionen, sondern grundsätzlich eine stetige Intuition dynamischer Tendenzen in statischen Diskretionen *im visuellen Modus*. In einer derartigen Intuition scheinen die Dynamik der Bewegungen und die Statik der rhythmischen Diskretionen miteinander synthetisiert wahrgenommen zu werden. Die meisten dynamischen Tendenzen im Tanz kommen in linearen und kurvigen Bewegungen der Körperteile sowie in der Drehung des Gesamtkörpers zum Ausdruck. An jedem Ursprung eines Drehmoments sowie eines kurvigen Bewegungsmoments des Körpers aus einer statischen Diskretion sind stets tangentiale Richtungstendenzen visuell-intuitiv zu erkennen. Die stetigen statischen Diskretionen tragen dazu bei, daß die Dynamik des Tanzes in einer Sukzession unendlichkleiner *statischer Momente*, die zugleich durch *tendenzielle* dynamische Potenz prägnant sind, wahrgenommen wird. Wenn man die bereits erwähnte geometrische Strukturiertheit und Ordnung des tänzerisch bewegten Körpers in statischer Diskretion und die *Prägnanz* sukzessiver diskret-statischer Momente durch die dynamischen Tendenzen, die sich nur visuell-intuitiv wahrnehmen läßt, zusammendenkt, kann man darin problemlos eine Analogie zwischen der kosmischen und tänzerischen Dynamik aufweisen.[21]

---

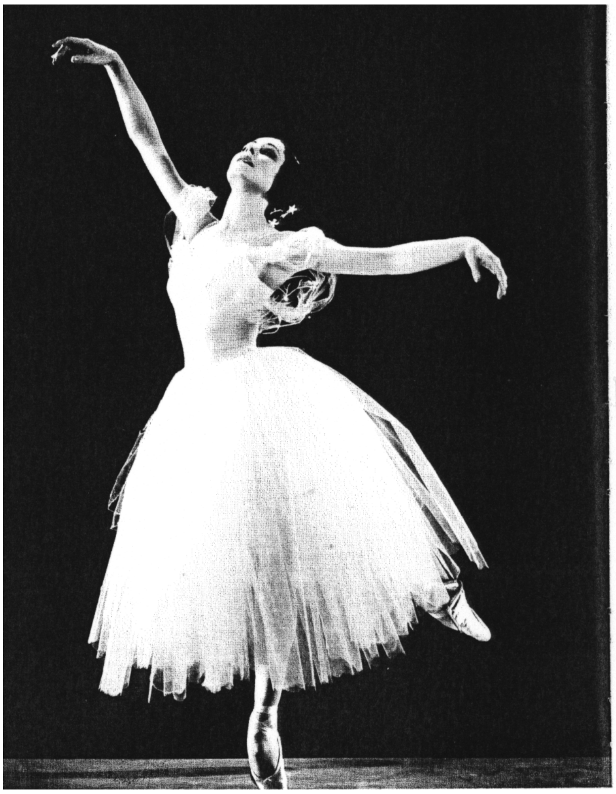
[20] Obwohl das tänzerische Motiv zum diskreten Stillstand im dynamischen Verlauf prinzipiell der Eigendynamik des Körpers selbst – und nicht der Gravitation – zuzuschreiben ist, kann man die Neigung des tänzerisch bewegten Körpers zur rhythmischen Diskretion des Stillstands als eine Neigung zur *angewöhnten* Bequemlichkeit in der gravitationellen Statik (oder in der durch die Gravitation gestifteten Ruhe) bestimmen. In diskreten Momenten der Stillstände in der Tanzkunst scheint demnach die unsichtbare Gravitation mit der sichtbaren Eigendynamik des Körpers mitzuspielen.

[21] Hier ist interessant anzumerken, daß eine solche Analogie zwischen kosmischen Bewegungen und der tänzerischen Dynamik im indischen Altertum – im vedischen Zeitalter – einen mythischen Zug annahm. Interessant ist

Als Spiel mit der Gravitation erweist sich die Eigendynamik des Körpers im Tanz allerdings kulturspezifisch als kaum einheitlich; sie weist zwischen der orientalischen und der okzidentalen Tradition eine merkwürdige Gegensätzlichkeit auf. Wie allgemein bekannt ist, zeigt die westliche Tanzkunst – vom klassischen Ballett zum gesellschaftlichen Walzer – charakteristisch eine gegengravitationelle Tendenz, in der die körperlichen Bewegungen – die Bewegungen der Hände, Füße sowie die Orientierung des Gesichts und des Blicks – nach oben, also zur gegengravitationellen Richtung neigen. Dagegen tritt in der orientalischen, vorzüglich in der indischen Tanzkunst, eine streng progravitationelle Tendenz zutage. In allen klassischen Tanzformen in Indien – vom nordischen Kathak, Odissi oder Manipuri bis südlichem Bharata Natyam, Kuchipudi oder Mohiniattom – tendieren die rhythmischen Bewegungen öfter nach unten, also zur Erde. Auch die gelegentlichen Bewegungen der Hände sowie die Orientierung der Gesichtszüge und Blickrichtung nach oben werden durch jene Gegenbewegung, nämlich den stetigen Fall und die Rückbewegung der Hände und Füße zusammen mit dem zur Erde gerichteten *rhythmischen* Niedersinken des Körpers, des Gesichts sowie Blicks sofort ausgeglichen. Allerdings kommt in der charakteristischen Gestaltung und Rhythmisierung der Füße und Fußschritte die oben erwähnte Gegensätzlichkeit am klarsten zum Vorschein. Während in der westlichen Tradition die Ferse sich stets gegenüber der Fußspitze nach oben erhebt, bildet in der orientalischen Tradition die flache Haltung der Füße auf dem Boden eine fast unabdingbare Voraussetzung. Die bezaubernde Vertikalität des Fußes (Abbild 2) in der tänzerischen Dynamik und Rhythmik, die das westliche Ballett von vornherein kennzeichnet, ist in keiner indischen Tanzform vorstellbar. Da herrscht als Charakteristikum die streng progravitationelle Haltung (Abbild 3), sogar das Stampfen der flachen Füße auf dem Boden, woraus der tänzerische Rhythmus entsteht. Während in einem Ballettunterricht die in der Figur dargestellte *dauerhafte* vertikale Haltung der Füße die wichtigste einführende Übung bildet (die zu beherrschen die Schülerinnen und Schüler gewöhnlich mehrere Jahre brauchen), werden die horizontale bzw. flache Haltung der Füße beim Stillstand sowie das den Tanz stets begleitende rhythmische Stampfen auf dem Boden in indischen Tanzschulen lange geübt und in Tanzwettbewerben

---

auch in diesem Zusammenhang einen kulturspezifischen Unterschied zwischen Orient und Okzident in bezug auf derartige Analogisierung zu erkennen. Während Pythagoras und seine Anhänger in der griechischen Antike die kosmische Dynamik zur musikalischen Rhythmik und Ordnung zu analogisieren suchten, neigte man im indischen Raum dazu, die unendliche bzw. anfangs- und endlose (anadimadhyanta) kosmische Bewegung (vishwachalana) als Tanz der Gottheit – vorzüglich dargestellt im Bilde *Nataraja* – zu erfassen.



Abbild 2 Abbild 3

streng beobachtet und bewertet. Den progravitationellen Fuß-Rhythmus zu beherrschen, bildet die höchste Herausforderung in der indischen Tanzkunst.[22]

Ein ebenso entscheidendes Faktum, in dem die bereits erwähnte Gegensätzlichkeit zwischen pro- und gegengravitationellen Tendenzen zutage tritt, ist die leitmotivische Bewegungsart des Gesamtkörpers selbst. Im klassischen Ballett wird die gesamtkörperliche Dynamik vorzüglich durch ein gegengravitationelles *Flugmotiv* begleitet. Öfter erscheint dieses Motiv im völligen Aufheben, Springen sogar im Werfen weiblicher und männlicher Körper in die freie Luft, wobei eine momentane vollkommene Trennung des tänzerisch bewegten Körpers vom Erdboden zustande kommt. Im Gegensatz zu diesem Flugmotiv tendiert die Körperdynamik in allen indischen Tanzformen zur Erde, so daß der Körper öfter in jener horizontalen Ausbreitung dem Erdboden näher zu berühren scheint. Gegenüber den oben erwähnten Flugmotiven wie dem Aufheben, Springen und Werfen des Körpers in die freie Luft sieht man in der indischen Tanzkunst wiederholt Motive, in denen die Tänzerin auf dem Boden liegt, sogar manchmal kriecht und dabei ihre Füße, Hände, Hüfte und Gesicht rhythmisch bewegt. Auch die persische Tanzkunst (die im indischen Raum meistens durch das klassische Kathak und durch viele gesellschaftliche sowie volkstümliche Tanzformen wie Kawaali vertreten ist) wird durch derartige progravitationelle Tendenzen am nächsten charakterisiert. Im allgemeinen herrscht ein *Erdmotiv* in der orientalischen Tanzkunst vor.

Die Herrschaft eines Erdmotivs in der orientalischen – aber auch in der afrikanischen und lateinamerikanischen[23] – Tanzkunst *korreliert* mit einer offenkundigen Dominanz des Rhythmus über die Melodie, die meistens die tänzerische Dynamik begleitet. So prägnant ist die Rhythmik des Schlages in der klassischen Musiktradition in Indien, daß dem Zuhörer die Melodie als etwas vorkommt, das das solide Gerüst des Rhythmus im Aufbau der Musik bloß füllt und verziert, und dessen Kontinuität durch und durch der diskreten Rhythmik untergeordnet wird. Während in der nordindischen *Hindustani Musik* dieser rhythmische Gerüstbau vorwiegend durch ein eher feineres Schlaginstrument *Tabla* (das ursprünglich aus Persien im indischen Raum eingeführt wurde) geleistet wird, bilden ihn in der südindischen *Carnatic Musik* die vergleichsweise tieferen, in gewisser Hinsicht gröberen Schlaginstrumente wie *Mrudungam* oder *Ghatam*. Demnach ist auch eine Gradation in der Dominanz der Rhythmik über die Melodie in den klassischen Musik- und Tanzformen vom Norden zum Süden Indiens aufzuweisen. Während eine typisch südindische Tanzform wie Bharata Natyam ganz charakteristisch zu einer äußerst festen und differenzierten Rhythmik zu neigen scheint, deren Kompaktheit (in der Art einer durchaus diskreten rhythmischen Sukzession) die melodiöse Kontinuität weit übertrifft, zeigen sich die nordischen Tanzformen wie Odissi oder Kathak in einer feineren Rhythmik, so daß in diesen Tanzformen die rhythmische Diskretion und die *lückenlose* melodiöse Kontinuität viel feiner (als in der südindischen Tradition) ineinander verwoben sind.

In der westlichen Tradition der klassischen – aber auch gesellschaftlichen – Tanzkunst dominiert eindeutig die Melodie über die Rhythmik, genauer, die Kontinuität der Melodie über die rhythmischen Diskretionen. Die tänzerische Dynamik scheint prinzipiell auf der Melodie aufzubauen, die rhythmischen Diskretionen treten im Zug momentaner Abweichungen in Bewegungsmodalitäten und Richtungstendenzen auf – nicht wie die streng eingehaltene Sukzession

---

[22] Man achte auf die atemberaubende Rapidität des rhythmischen Fußstampfens in Kathak. Auch im südindischen Bharata Natyam bildet derartige Rhythmisierung der Füße den Maßstab, nach dem die übrigen Körperbewegungen – der Hand, des Gesichts aber auch der Blickrichtung – orientiert zu werden scheinen.

[23] In bezug auf die bisher untersuchte Disparität zwischen orientalischer und okzidentaler Tanzkunst sind die mittlerweile sehr bekannten afrikanischen und insbesondere lateinamerikanischen Tanzformen erwähnenswert. In der Poptradition bzw. in der Popmusik und im Poptanz fand die afrikanische Rhythmik im westlichen Raum Ausdruck und Anerkennung. Ebenso bekannt sind im Westen die lateinamerikanischen Tanzformen als sehr beliebte Gesellschaftstänze. Ich beschränke mich auf den klassischen Tanz, weil eine weitere Behandlung der Gesellschaftstänze den Rahmen dieser Abhandlung sprengen würde. Erwähnenswert wären in dieser Hinsicht

totaler Stillstände in einer südindischen Tanzform wie Bharata Natyam. Während die herrschende musikalische Melodie in der westlichen Tradition ihre entsprechenden Ausdrücke in den häufigen Flugmotiven im klassischen Ballett oder im gesellschaftlichen Walzer findet, korreliert in der indischen Tradition – in fast allen klassischen Tänzen – die dominante musikalische Rhythmik des Schlages mit einem Erdmotiv, wodurch der tänzerische Vorgang von vornherein geprägt ist. Melodie und Rhythmik in der Musikkunst scheinen Korrelate jeweils zum gegengravitationellen Flugmotiv und zum progravitationellen Erdmotiv in der Tanzkunst zu sein.

Die deutliche Dominanz der diskreten Rhythmik über die kontinuierliche Melodie in der indischen Tanzkunst, die letztendlich auf eine – bisher erörterte – progravitationelle Tendenz (als eine kulturspezifische Neigung), also auf ein Erdmotiv zurückzuführen ist, verlangt von Zuschauern eine besonders intensive visuelle Intuition bei dynamischen Strukturen als Rezeptionsmodus. Man kann sich kaum in der tänzerischen Kontinuität bloß verlieren (wie es im Fall des Balletts oder Walzers möglich wäre). Der Blick der Zuschauer verweilt immer bei diskreten Stillständen, die ihnen sehr häufig vorkommen. Jede Bewegung soll aus einer deutlich statischen Diskretion beginnen und in einem anderen, ebenso deutlichen momentanen Stillstand enden. Die rapide Sukzession derartiger Diskretionen fordert die Zuschauer zu einer ebenso rapiden und spontanen visuellen Wahrnehmung der Bewegungsinitiationen, Richtungstendenzen sowie der dynamischen Beschleunigung und Verlangsamung auf. Indem die statischen Konfigurationen der Körper als momentane Stagnationen der Bewegungen fast wie eine rhythmische Sukzession der Stillstände in Erscheinung treten, scheint die dynamische Kontinuität des Tanzes, in der der Körper einen Kontrast der Bewegtheit in Relation zum statischen Erdboden sucht, durch die überwältigende Gravitation stets unterbrochen zu werden. Ebenso scheinen die Bewegungen, die aus den verschiedenen statischen Körperkonfigurationen *entstehen*, aufgrund der dominanten progravitationellen Tendenz durch und durch streng geordnet, präzisiert und derart geometrisch strukturiert zu sein. Die rhythmisch harmonischen Bewegungen – der Füße, der Hände und Finger, der Hüfte, des Gesichts sowie der Blickrichtungen in Augen – erscheinen den Zuschauern, als ob die tänzerische Dynamik in rhythmischer Sukzession in räumlich strukturierte statisch-diskrete Körperkonfigurationen eingefügt wird. Eine derartige Einfügung der Bewegung in unbewegte Strukturen im Modus einer – vorher erörterten – Fusion zwischen Statik und Dynamik, läßt sich prinzipiell visuell-intuitiv wahrnehmen, wie wir in bezug auf die kosmologische Dynamik, die aus der Einfügung der

---

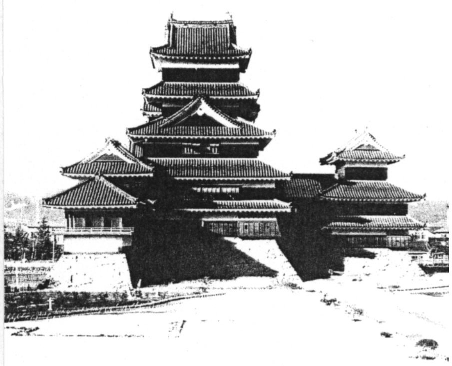
auch die tradierten klassischen Tanzformen in China oder Japan, die sich gut mit den klassischen Tänzen im

Bewegung in statische geometrische Modelle zustande kommt, untersucht haben. Sowohl die rhythmischen Stagnationen des Körpers als auch seine dynamischen Bewegungen in der tänzerischen Kontinuität sind zwar bloß visuell wahrzunehmen, aber die stetige Einfügung der Dynamik in statische Körperkonfigurationen – als stetige *Initiation* der Bewegung aus momentanen körperlichen Stillständen – bedarf einer über die einfache und unmittelbare Visualität hinausgehenden visuellen Intuition. Diese visuelle Intuition in dynamischen Strukturen, die im Nu – also in großer Spontaneität – zwischen der diskret-sukzessiven Statik und der kontinuierlichen Dynamik zu gewinnen ist, scheint in gewisser Hinsicht das Wesen der Tanzkunst sowie die Ästhetik ihrer Rezeption auszumachen.

Nicht zuletzt ist kurz zu untersuchen, ob die Differenzierung zwischen der orientalischen und der okzidentalen Tanzkunst durch den Maßstab der pro- und gegengravitationellen Tendenzen sich im Prinzip als ein kulturspezifisches Motiv feststellen und als solches auch an anderen Facetten der Kultur erkennen läßt. Vorher haben wir Architektur als Kunst der Statik definiert, die sich neben Tanz als Kunst der Dynamik aus einem Kampf gegen die Gravitation entwickelt hat. Obwohl die Architektur im allgemeinen durch eine gegengravitationelle Tendenz ausgezeichnet wird, sieht man deutliche *leitmotivische* Differenzen gerade in bezug auf diese allgemeine Tendenz zwischen Orient und Okzident, aber auch historisch zwischen der klassischen Architektur und der modernen Bauhaus-Tradition im Stahl- und Stahlbetonbau des 20. Jahrhunderts. Während die Bauten auf europäischem Boden – insbesondere im nordischen Raum – auch in der klassischen Zeit der Architektur eine klare gegengravitationelle Tendenz zeigen, wurde die klassische Architektur im Orient immer wieder durch progravitationelle Tendenzen oder Motive gekennzeichnet. So scheinen die äußerst spitzen Türme der Kirchen sowie der Dächer der Burgen und Schlösser in Europa zum Himmel zu ragen, immer nach Höhen strebend, wogegen die indischen, chinesischen oder japanischen Tempel, Schlösser oder Paläste eine merkwürdige progravitationelle Tendenz, am deutlichsten dargestellt durch die zur Erde neigenden Dächer (Abbild 4, 5) und durch die Proportion der horizontalen Breite (oder der Ausbreitung der Bodenfläche des Baus) zur vertikalen Höhe, bemerken lassen. Auch die riesigen Türme eines südindischen Tempels erwecken – trotz ihrer Höhe – im Gegensatz zu den Kirchtürmen in Europa kaum den Anschein zum Himmel ragender Architektonik. Denn die gegengravitationelle Tendenz ihrer Höhe wird ohne Ausnahme durch die Breite der Basis des Baus (im Grundriß) auf dem Erdboden völlig *ausgeglichen*. Man vergleiche den riesigen Turmbau des Kölner Doms (Abbild 6) mit dem *gopura* des

europäischen, persischen oder indischen Raum vergleichen lassen.

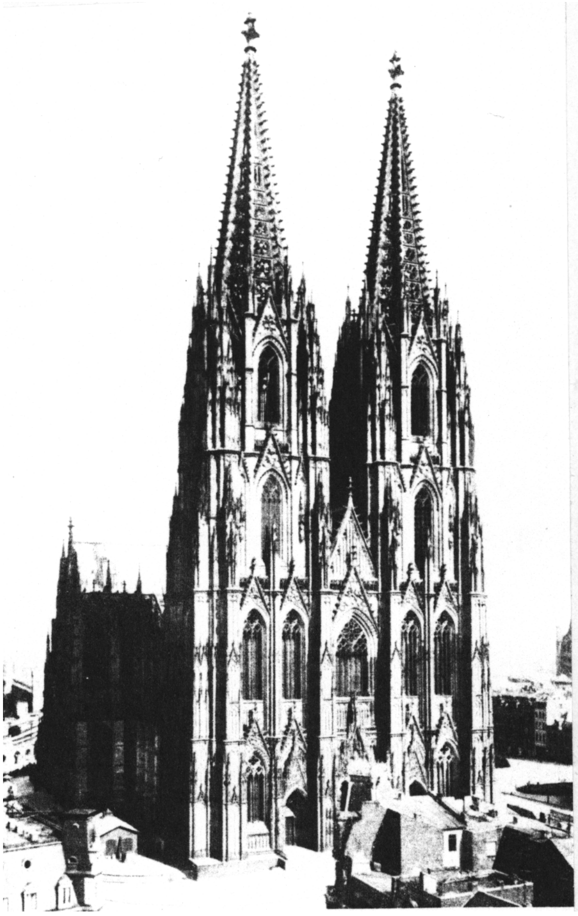
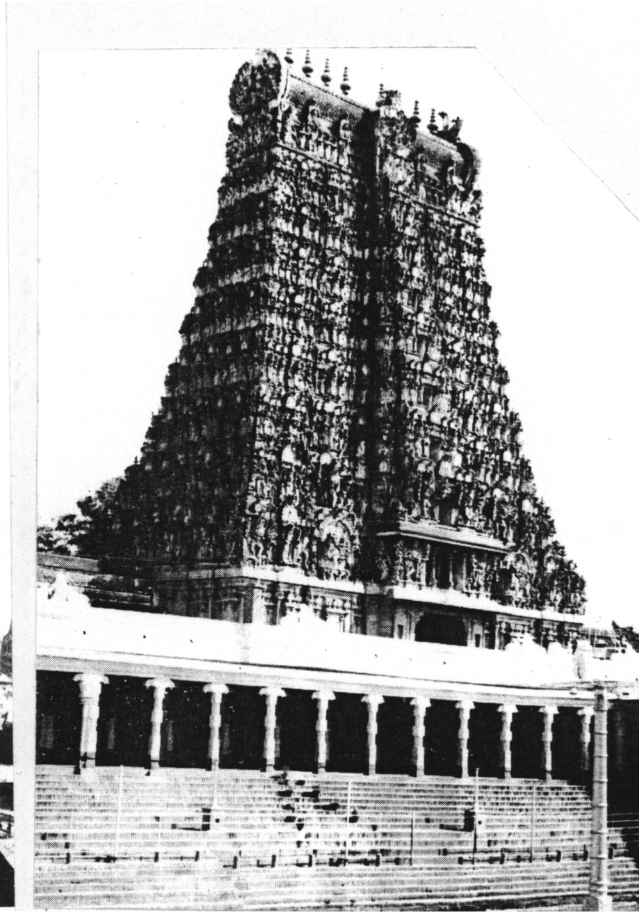
südindischen *Madurai Minakshi Tempels* (Abbild 7), um derartige gegensätzliche Verhältnisse der Architektonik zur Gravitation zu erblicken.

Abbild 4(Eingang, Vadakkunatha Temple, Trichur, Kerala) Abbild 5 (Matsumoto Burg,)

Auch die moderne Architektur, die seit dem Bauhaus eindeutig eine westliche Tradition bildet, ist am klarsten durch ihre gegengravitationelle Tendenz – dargestellt durch die Höhe der Wolkenkratzer, die zu der erstaunlich kleinen Baufläche auf dem Erdboden durchaus überproportional erscheint – gekennzeichnet. Immer wieder versucht man, derartige Tendenzen zum einen auf eine technische Möglichkeit bzw. auf die erreichbare strukturelle Stabilität des Stahlbetons im Hochbau und zum anderen auf ein funktionales Bedürfnis aus der klimatischen Eigenart des nordischen Raumes bzw. das Bedürfnis, mehr Sonnenlicht zu gewinnen und dadurch die kalten und dunklen Innenräume zu erwärmen und zu erhellen – zurückführen. Ebenso hat der äußerst hohe und spitze Dachbau scheinbar die Funktion, eine kritische bzw. die strukturelle Stabilität gefährdende Akkumulation vom Schnee auf dem Dach im Winter zu verhindern. Allerdings übertrifft eine *kulturspezifisch* grundlegende gegengravitationelle Tendenz alle diese scheinbar legitimen Beweggründe. Die äußerst niedrigen Spitzdächer im südindischen Bundesland Kerala haben offensichtlich die Funktion, die Innenräume des Baus sowohl vor dem dauernden heftigen Monsunregen als auch vor der unerträglichen tropischen Sonne zu schützen. Gerade aus der Funktion – Schutz vor dem dauernden heftigen Regen – scheint auch der charakteristische Dachbau in der traditionellen Architektur Japans eine fast ähnliche Gestalt zu haben.[24] Dennoch überwiegt bei diesen orientalischen Traditionen der Architektur die bisher erörterte progravitationelle Tendenz alle legitimen Begründungen funktionaler Bedürfnisse.

[24] Vgl. Abb. 4 & 5.

Abbild 6 Abbild 7

In der Geschichte der Architektur, insbesondere im Ursprung der modernen Architektur im Bauhaus, ist ein Übergang von progravitationellen zu gegengravitationellen Tendenzen im Bauwesen – im strukturellen Entwurf einzelner Bauglieder – festzustellen. Während die klassische Architektur die Höhe des Baus allein aus der rein vertikalen Aufrichtung progravitationeller Schwere des erheblich großen und soliden Baustoffs *zur Erde* – wie das Selbstgewicht riesiger Stein- oder Marmorblocke – erreichte und sicherstellte, verwirklichte die Technik des Stahlbetons im 20. Jahrhundert erstaunliche Höhen der Bauten durch ein eher gegengravitationelles Prinzip – vorzüglich durch die Qualität des Stahls, dem Biegemoment in Säulen effektiv entgegenzuwirken und dadurch die Entwicklung der Spannung im Beton zu verhindern. Noch deutlicher tritt eine derartige Differenz im Bau- oder Strukturprinzip zutage, wenn man die funktional analogen Bauglieder der horizontalen Spanne, nämlich den klassischen Bogenbau und die modernen Träger (aus Stahl oder Stahlbeton) oder die Projektionen aus Backsteinen im Altbau und die modernen Kragträger (cantilever) miteinander vergleichen. Während dem klassischen Bogenbau sowie der aus der vertikalen Wand heraustretenden Projektionen strukturell das progravitationelle Prinzip zugrunde liegt, in dem das gravitationelle Selbstgewicht (der Bogen und Projektionen) und das von ihnen getragene Gewicht des Baus dank der

Gesetze der Verteilung statischer Kräfte gänzlich in vertikalen Kraftkomponenten in Säulen und Wänden übertragen werden, verfügt ein moderner Träger oder Kragträger aus Stahlbeton in erster Linie über das vorher erwähnte gegengravitationelle Bauprinzip, nämlich den Ausgleich der aufgrund der Gravitation entstehenden Spannung durch die sich einander ergänzenden Qualitäten des Stahlbetons, also eine sehr hohe Kompressibilität des Betons, und die Eigenschaft des Stahls, jener Spannung (aufgrund der Biegung durch die Gravitation) effektiv entgegenzuwirken.

Diesen historischen Übergang vom progravitationellen zum gegengravitationellen Prinzip im strukturellen Entwurf des Baus könnte man übersehen, indem man eine auch diesen Übergang überwiegende gegengravitationelle Tendenz beim allgemeinen architektonischen Stil im westlichen Raum erkennt. Denn im architektonischen Stil zeigen sowohl die alten klassischen als auch die modernen Bauten eine allgemein gegengravitationelle Tendenz, indem sie – von der frühmittelalterlichen Gotik zur Postmoderne – durch eine sich nach himmlischen Höhen richtende Architektonik gekennzeichnet sind. Allerdings finden die allgemeinen pro- und gegengravitationellen Tendenzen, die wir in erster Linie für kulturspezifisch halten, ihren Ausdruck in vielen Aspekten der Kultur. Demnach war es kein Zufall, daß der Okzident nicht nur nach der Eroberung weit entfernter Erdräume im Zeitalter der Kolonisation, sondern auch – in der modernen Zeit – nach der Eroberung des Luftraumes und weiterhin nach der des Alls strebte. Von der Erfindung des Luftballons über die des Flugzeugs bis zur Raumfahrt nach fernen Planeten zeichnet dieses Streben die Geschichte der Technik im westlichen Raum aus, während die Einführung des Flugzeugs und der Raumfahrt im Orient kaum durch ein vergleichbares Streben nach unermeßlichen Höhen und Entfernungen, sondern eindeutig durch einen kulturellen *Instinkt* zur Nachahmung des Westen initiiert und vorangetrieben wurde. Begeben wir uns nun von den Höhen der Technik auf die Ebene des banalen Alltags herab und fragen: Warum saßen die Menschen im Westen in ihrer ganzen Geschichte beim Essen gewöhnlich auf einem Stuhl an einem vom Boden erhöhten Eßtisch, während das tagtägliche *Eßritual* von Südindien bis Japan dadurch gekennzeichnet war, daß man am Boden saß und demgemäß die Gerichte am Boden serviert bekam.[25] Zwar kann man auch diese Gegensätzlichkeit leicht auf eine klimatische Differenz, daß das Boden im westlichen Raum im Vergleich zu dem im tropischen Indien das ganze Jahr kalt bleibt, zurückführen (was sich allerdings widerspricht, wenn man das fast europäische Klima in Japan in Betracht zieht).

[25] Hier sieht man einen Unterschied zwischen der traditionell japanischen und indischen Eßkultur. Während in Japan die Gerichte etwa bequem auf einer vom Boden kurz erhöhten Holzplatte serviert wurden, lag der Eßteller (oder das Bananenblatt) im indischen Raum traditionell *streng* auf dem Boden!

Aber viel stärker als derartige *funktionale* Grundlagen scheint hier ein vorher erörtertes kulturspezifisches Erdmotiv, dargestellt durch eine progravitationelle Tendenz, maßgebend zu sein. Kurz: während der Okzident traditionell und tendenziell vom Erdboden zu *bequemen* Höhen neigte, kennzeichnete sich der Orient von vornherein durch seine charakteristische Orientierung zur Erde, zur Bequemlichkeit eines bescheidenen irdischen Daseins.

Abbilder

1. ‘Phases of a Splash’ (1908), Arthur Worthington

Kemp, Martin: Visualizations. The Nature Book of Art and Science, Oxford University Press, Oxford 2000, S. 79.

2. Yvette Chauviré als *Giselle* im zweiten Akt des Balletts in einer Aufführung der Pariser Opéra 1958

Clarke, Mary und Crisp, Clement: Ballerina. Frauen im klassischen Ballett, Deutsch von Uta Haas, Köln 1988, S. 172.

3. Bharata Natyam: Sucheta in der Tanzhaltung *ardhamandali* (Grundposition) im *Alarippu-Programmteil*

Baldissera, Fabrizia und Michaels, Axel: Der Indische Tanz, DuMont, Köln 1988, S. 90.

4. Eingang, Vadakkunatha Temple, Trichur, Kerala

5. Matsumoto Burg

Danielle und Vadime Elisseeff: Japan. Kunst und Kultur, Herder, Freiburg i. Br. 1981, S. 597.

6. Kölner Dom

Deutsche Kunstdenkmäler. Ein Bildhandbuch. Niederrhein, Hermann Gentner Verlag, Darmstadt 1958, S. 155.

7. Madurai Minakshi Temple, south *gopura*. c.A.D. 1625 - 1650

Deva, Krishna: Temples of India, Aryan Books International, New Delhi 1995, Plate 323.

Bibliographie

Kues, Nikolaus von: De docta ignorantia, Philosophisch-Theologische Werke, Bd. I, Hamburg 2002.

Cohen, Hermann: Das Prinzip der Infinitesimal-Methode und seine Geschichte, Georg Olms Verlag, Hildesheim 1984.

Berkeley, Georg: Schriften über die Grundlagen der Mathematik und Physik, Frankfurt 1969.

Kemp, Martin: Visualizations. The Nature Book of Art and Science, Oxford University Press, Oxford 2000.

Descartes, René: Principles of Philosophy, translated, with explanatory notes, by Valentine Rodger Miller and Reese P. Miller, D. Reidel Publishing Company,
Dordrecht (Holland) 1984.

Descartes, René: Die Prinzipien der Philosophie, übersetzt von Arthur Buchenau,
Hamburg 1992.

Leibniz, Gottfried Wilhelm: Neue Abhandlungen über den menschlichen Verstand, übersetzt, eingeleitet und erläutert von Ernst Cassirer, Hamburg 1971.

Koyré, Alexandre: The Astronomical Revolution, übersetzt von R. E. W. Maddison,
Paris 1973.

Cohen, Bernard: Kepler's Century, aus: Kepler. Four Hundred Years, hrsg. von Arthur Beer und Peter Beer, Oxford 1975.

Doebel, Günter: Johannes Kepler, Verlag Styria, Köln 1983.